

# **UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**SEDE QUITO – CAMPUS SUR**

**CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS  
MENCIÓN ROBÓTICA E INTELIGENCIA ARTIFICIAL**

**DESARROLLO DE UNA GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO  
PARA EL MPS 516 – FMS DE FESTO DE LA CARRERA DE  
ELECTRÓNICA DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**TESIS PREVIA LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE INGENIERO DE SISTEMAS**

**ALVARADO PERUGACHI XAVIER JOSÉ  
ONOFRA CALVOPÍÑA POLIVIO**

**DIRECTOR ING. CARLOS PILLAJO**

**QUITO, JUNIO 2011**

## **DECLARACIÓN**

Nosotros, Alvarado Perugachi Xavier José y Onofa Calvopiña Polivio, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Politécnica Salesiana, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

Alvarado Perugachi Xavier José

---

Onofa Calvopiña Polivio

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Alvarado Perugachi Xavier José y Onofa Calvopiña Polivio bajo mi dirección.

---

Ing. Carlos Pillajo  
Director de tesis

## **DEDICATORIA**

Dedicamos este proyecto y toda nuestra carrera a nuestras familias y a todas las personas que han ayudado a concluir este reto, por ser quienes han estado a nuestro lado en todo momento dándonos las fuerzas necesarias para continuar luchando día tras día y seguir adelante rompiendo todas las barreras que se nos presenten. Les agradecemos ya que gracias a ellos somos quien somos hoy en día, fueron los que nos dieron ese cariño y calor humano necesario, son los que han velado por nuestra salud, nuestros estudios, nuestra educación alimentación entre otros, son a ellos a quien les debemos todo, horas de consejos, de regaños, de alegrías de las cuales estamos muy seguros que las han hecho con todo el amor del mundo para formarnos como unos seres íntegros.

*ALVARADO XAVIER, ONOFA POLIVIO*

## **AGRADECIMIENTOS**

Esta tesis si bien ha requerido de esfuerzo y mucha dedicación por parte de los autores, no hubiese sido posible su finalización sin la cooperación desinteresada de todas y cada una de las personas que han sido nuestro soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

Agradeceremos hoy y siempre a nuestras familias a nuestros padres, quienes a lo largo de nuestras vidas han velado por nuestro bienestar y educación siendo nuestro apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se nos presentaba sin dudar ni un solo momento en nuestra inteligencia y capacidad. Es por ellos que somos lo que somos ahora.

# ÍNDICE CONTENIDO

<b>CAPÍTULO 1</b>	<b>1</b>
<b>1.1 INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>1.2 OBJETIVO GENERAL</b>	<b>1</b>
<b>1.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>1</b>
<b>1.3 ALCANCE DEL PROYECTO</b>	<b>2</b>
<b>1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>3</b>
<b>CAPÍTULO 2</b>	<b>4</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b>	<b>4</b>
<b>2.1 GUÍAS DE LABORATORIO</b>	<b>4</b>
<b>2.2 ANÁLISIS Y DESARROLLO DE GUÍAS</b>	<b>4</b>
<b>2.2.1 ESQUEMA DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>4</b>
<b>2.2.1.1 Nociones de teoría del conocimiento</b>	<b>4</b>
<b>2.2.1.2 Clasificación del conocimiento</b>	<b>4</b>
<b>2.2.1.2.1 Conocimiento natural</b>	<b>5</b>
<b>2.2.1.2.2 Conocimiento de divulgación</b>	<b>5</b>
<b>2.2.1.2.3 Conocimiento racional</b>	<b>5</b>
<b>2.2.1.3 La teoría y la práctica</b>	<b>5</b>
<b>2.2.1.3 Inteligencia y el pensamiento lógico</b>	<b>6</b>
<b>2.2.1.4 El proceso del pensamiento</b>	<b>6</b>
<b>2.2.2 EL MÉTODO</b>	<b>6</b>
<b>2.2.3 METODOLOGÍA</b>	<b>7</b>
<b>2.2.3 MÉTODOS</b>	<b>7</b>
<b>2.2.3.1 Método general</b>	<b>7</b>
<b>2.2.3.2 Método particular</b>	<b>7</b>
<b>2.2.3.3 Método específico</b>	<b>8</b>
<b>2.2.4 MÉTODO ESTADÍSTICO</b>	<b>8</b>
<b>2.2.5 MÉTODO CIENTÍFICO</b>	<b>8</b>
<b>2.2.5 INVESTIGACIÓN</b>	<b>8</b>
<b>2.2.5.1 Características de la investigación</b>	<b>9</b>
<b>2.2.5.2 Tipos de fuentes de datos</b>	<b>9</b>
<b>2.2.5.3 Fuentes documentales</b>	<b>10</b>
<b>2.2.5.3.1 Fuentes documentales de primera mano</b>	<b>10</b>
<b>2.2.5.3.2 Fuentes documentales de segunda mano</b>	<b>10</b>
<b>2.2.5.3.3 Fuentes documentales de tercera mano</b>	<b>10</b>
<b>2.2.6 PERFIL DEL INVESTIGADOR</b>	<b>11</b>
<b>2.2.7 INSTRUMENTOS DEL INVESTIGADOR</b>	<b>11</b>
<b>2.2.8 CUESTIONARIOS</b>	<b>11</b>
<b>2.2.9 PREGUNTAS</b>	<b>12</b>
<b>2.2.10 PRIMERAS PREGUNTAS DE UN CUESTIONARIO</b>	<b>12</b>
<b>2.2.11 TAMAÑO DE UN CUESTIONARIO</b>	<b>12</b>
<b>2.2.12 REQUISITOS DE UN INSTRUMENTO DE MEDICIÓN</b>	<b>12</b>
<b>2.2.13 CONFIABILIDAD</b>	<b>13</b>
<b>2.2.14 PROCEDIMIENTO PARA CONSTRUIR UN INSTRUMENTO DE MEDICIÓN</b>	<b>14</b>
<b>CAPÍTULO 3</b>	<b>15</b>
<b>ANÁLISIS Y DESARROLLO</b>	<b>15</b>
<b>3.1 ANÁLISIS</b>	<b>15</b>

<b>3.1.1 INTRODUCCIÓN A LA PROGRAMACIÓN DEL PLC S7300 CON CPU 313C CON STEP7</b>	15
3.1.1.1 Definición de Plc	15
3.1.1.2 Ventajas	15
3.1.1.3 Desventajas	16
3.1.1.4 Entradas y salidas (E/S)	16
<b>3.1.2 ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO FESTO MPS 516</b>	17
3.1.2.1 Plc siemens s7 300 cpu 313c	17
3.1.2.2 Partes del plc s7300	17
3.1.2.3 Características	18
<b>3.1.3 NEUMÁTICA</b>	19
3.1.3.1 Cilindro de doble efecto	19
<b>3.1.4 LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN</b>	21
3.1.4.1 Programación en AWL	21
3.1.4.2 Programación en lenguaje KOP	22
3.1.4.3 Lenguaje de programación FUP (Diagramas de funciones)	22
3.1.4.4 Programación en lenguaje GRAFCET	22
<b>3.2 DESARROLLO</b>	23
3.2.1 CARACTERIZACIÓN	23
3.2.2 CARACTERIZACIÓN ESTACIÓN VERIFICACIÓN	23
3.2.1.1 Función	23
3.2.1.2 Datos técnicos	24
3.2.1.3 Módulo de detección	24
3.2.1.4 Módulo de medición	25
3.2.1.5 Módulo de rampa neumático	25
3.2.1.6 Módulo elevador	26
3.2.1.7 Sensor de retro reflexión	27
3.2.1.8 Módulo de rampa	27
3.2.1.8.1 Estación de Manipulación, estación de Clasificación	27
3.2.1.8.2 Estación de Montaje	28
3.2.1.8.3 Estación de Verificación	28
3.2.1.9 Diagrama eléctrico	29
3.2.1.10 Tabla de direcciones de entradas y salidas	29
<b>3.2.2 CARACTERIZACIÓN DE LA ESTACIÓN DE PROCESO (PROCESSING)</b>	31
3.2.2.1 Función	32
3.2.2.2 Datos técnicos	32
3.2.2.3 Módulo de compuerta de clasificación, eléctrico	33
3.2.2.4 Módulo de mesa giratoria de indexación	33
3.2.2.5 Mesa giratoria	33
3.2.2.6 Módulo de taladrado	34
3.2.2.7 Módulo de verificación	35
3.2.2.8 Sensor inductivo	36
3.2.2.9 Diagrama eléctrico	37
3.2.2.10 Tabla de direcciones de entradas y salidas	37
<b>3.2.3 CARACTERIZACIÓN DE LA ESTACIÓN DE MANIPULACIÓN (HANDLING)</b>	40
3.2.3.1 Función	40
3.2.3.2 Datos técnicos	41

3.2.3.3 Módulo picalfa, neumático.....	41
3.2.3.4 Módulo de soporte .....	42
3.2.3.5 Sensor de reflexión directa.....	42
3.2.3.6 Módulo de rampa.....	43
3.2.3.7 Esquema eléctrico .....	43
3.2.3.8 Tabla de direcciones de entradas y salidas.....	44
<b>3.2.4 CARACTERIZACIÓN DE LA ESTACIÓN DE CLASIFICACIÓN</b> <b>(SHORTING)</b> .....	47
3.2.4.1 Función .....	47
3.2.4.2 Datos técnicos .....	47
3.2.4.3 Juego de rieles de guía, clasificación .....	48
3.2.4.4 Limitador de corriente de arranque .....	48
3.2.4.5 Módulo de rampa.....	49
3.2.4.6 Estación de Manipulación, estación de Clasificación .....	49
3.2.4.7 Módulo de tope.....	49
3.2.4.8 Módulo derivador, neumático .....	50
3.2.4.9 Módulo transportador 350 con motor DC .....	50
3.2.4.10 Sensor de reflexión directa.....	51
3.2.4.11 Sensor de retroreflexión.....	51
3.2.4.12 Sensor inductivo.....	52
3.2.4.13 Diagrama eléctrico.....	52
3.2.4.14 Tabla de direcciones de entradas y salidas.....	53
<b>3.2.5 ROBOT RV-2AJ</b> .....	55
3.2.5.1 Comunicaciones .....	56
3.2.5.2 Conexiones.....	56
3.2.5.3 Controlador que utiliza el robot (CR2-571) .....	56
3.2.5.4 Definición de pinza neumática.....	56
3.2.5.5 Módulo rampa.....	58
3.2.5.6 Módulo retenedor .....	59
3.2.5.7 Módulo de montaje .....	59
3.2.5.8 Módulo de almacén.....	60
<b>3.2.6 REDES INDUSTRIALES</b> .....	60
3.2.6.1 Objetivo de incorporar un sistema de comunicaciones en una empresa..	62
3.2.6.2 Tipos de sistemas de control .....	63
3.2.6.3 Transmisión de datos.....	63
3.2.6.4 Transmisión serie.....	63
3.2.6.5 Transmisión paralelo.....	63
3.2.6.6 Tipos de sincronización en la transmisión de datos serie.....	64
3.2.6.7 Tipo de sincronización asíncrona .....	65
3.2.6.8 Tipo de sincronización síncrona .....	65
<b>3.2.7 REDES MPI (Interfaz Multipunto)</b> .....	65
3.2.7.1 Sistemas de bus integrado para el simatic s7-300 .....	65
3.2.7.2 Interfase multipunto.....	65
3.2.7.3 As-interfase.....	66
3.2.7.4 Profibus.....	66
3.2.7.5 Profibus-fms (Especificación de Mensajes de Campo) .....	66
3.2.7.6 Profibus-dp (Periferia Distribuida) .....	66
3.2.7.7 Profibus-pa (Automatización de Procesos) .....	66
3.2.7.8 La interfaz multipunto .....	67



3.2.7.9 Datos técnicos sobre la red MPI.....	67
3.2.7.10 Configuración de una red MPI (Interfaz Multipunto).....	68
3.2.8 RED PROFIBUS.....	68
3.2.8.1 Características generales .....	71
3.2.8.2 Categorías.....	71
3.2.8.3 Transmisión de datos.....	72
3.2.9 RED INDUSTRIAL ETHERNET .....	72
3.2.10 HMI (Interfaz Hombre – Máquina).....	73
3.2.10.1 Tipos de HMI (Interfaz Hombre – Máquina) .....	74
3.2.10.1.1 <i>Desarrollos a medida</i> .....	74
3.2.10.1.2 <i>Paquetes enlatados HMI</i> (Interfaz Hombre – Máquina) .....	74
3.2.10.2 Funciones de software HMI (Interfaz Hombre – Máquina).....	74
3.2.10.2.1 <i>Monitoreo</i> .....	74
3.2.10.2.2 <i>Supervisión</i> .....	74
3.2.10.3 Tareas de un HMI (Interfaz Hombre – Máquina) .....	74
3.2.10.4 Estructura general de un HMI (Interfaz Hombre – Máquina).....	75
3.2.10.5 SCADA (Sistema de adquisición de datos).....	75
3.2.10.6 Módulos de un sistema SCADA (Sistema de adquisición de datos).....	76
CAPÍTULO 4.....	77
PRUEBAS Y RESULTADOS.....	77
4.1 CONFIABILIDAD .....	77
4.1.1 CRONBACH.....	78
4.1.2 MITADES PARTIDAS .....	79
4.2 COMPARACIÓN ENTRE LOS GRUPOS DE CONTROL Y EXPERIMENTAL.....	80
4.2.1 MUESTRA GRUPO DE CONTROL.....	82
4.2.2 MUESTRA GRUPO EXPERIMENTAL.....	83
4.2.3 CALIFICACIONES GRUPO DE CONTROL PARTE TEÓRICA.....	83
4.2.4 CALIFICACIONES GRUPO DE CONTROL PARTE PRÁCTICA .....	83
4.2.4 CALIFICACIONES GRUPO EXPERIMENTAL PARTE TEÓRICA.....	83
4.2.5 CALIFICACIONES GRUPO EXPERIMENTAL PARTE PRÁCTICA ...	84
4.3 RESULTADOS DE LOS CUESTIONARIOS .....	84
4.3.1 DATOS PARTE TEÓRICA .....	84
4.3.2 DATOS PARTE PRÁCTICA.....	85
4.3.3 TRADUCCIÓN DE RESULTADOS.....	85
4.3.3.1 Análisis de red AS-I.....	85
4.3.3.2 Análisis de red ETHERNET.....	87
4.3.3.3 Análisis de red PROFIBUS.....	88
4.3.3.4 Análisis de red MPI .....	89
4.3.3.5 Análisis de red AS-I práctica.....	91
4.3.3.6 Análisis de red ETHERNET práctica.....	91
4.3.3.7 Análisis de red PROFIBUS práctica.....	92
4.3.3.8 Análisis de red MPI práctica .....	93
4.3.4 MÉTODO T-STUDENT .....	93
CONCLUSIONES .....	97
RECOMENDACIONES .....	101
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	103
PÁGINAS WEB.....	104
ARCHIVOS DE ADOBE READER (.PDF).....	106

## **RESUMEN**

La finalidad de esta tesis es investigar y probar el funcionamiento de las estaciones del MPS-516 de FESTO, para desarrollar guías de prácticas, con el objetivo de aumentar el aprovechamiento de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Electrónica de la Universidad Politécnica Salesiana, según lo recomienda GARCÍA J. L. "Las guías son una propuesta de ejercicios resueltos y sin resolver, que como material abierto de aprendizaje son utilizadas para complementar la enseñanza en la clase, llevando esta a la práctica."

Para poder realizar este proyecto primero se obtuvieron los datos de cada uno de los sensores y actuadores que conforman el MPS-516 de FESTO y de esa forma se realizaron los ejercicios resueltos y propuestos que se encuentran en cada guía.

Para proceder con el desarrollo de cada guía, primeramente se realizó una recopilación de información teórica necesaria básica para comprender la parte práctica, seguido de esto se realizaron todas las prácticas para luego describirlas en las guías generando ejercicios resueltos y propuestos.

Se realizaron cuestionarios para cada guía con el objetivo de medir el aprovechamiento de cada estudiante, donde se tomó un cuestionario cuyo resultado produjo un coeficiente de confiabilidad aceptable.

Se realizaron pruebas con estudiantes voluntarios de la Universidad Politécnica Salesiana, las cuales evidenciaron un mejor aprovechamiento de los estudiantes que usaron las guías en comparación con los estudiantes que no las usaron.

## **PRESENTACIÓN**

El presente proyecto de titulación está orientado para aquellas personas interesadas en la utilización del módulo MPS – 516 de FESTO y en la utilización de las redes industriales PROFIBUS DP, AS-I, MPI, ETHERNET bajo el programa STEP 7 de Siemens. La información necesaria se encuentra estructurada de la siguiente forma:

En el primer capítulo se menciona de manera general una introducción, los objetivos, el alcance y el planteamiento del problema sobre el presente proyecto de titulación.

En el segundo capítulo se presenta los métodos de investigación necesarios para la recolección de información que forma cada una de las guías, también lo necesario para formar los cuestionarios y los métodos para determinar la confiabilidad de los mismos.

En el tercer capítulo presenta una síntesis de todos los conceptos teóricos presentados en las guías, desde la programación hasta las redes industriales.

En el cuarto capítulo presenta los cuadros de resultados de los cuestionarios tomados a 10 participantes voluntarios en un curso de una semana, también se muestra los cálculos estadísticos para demostrar la fiabilidad del desarrollo de las guías.

# **CAPÍTULO 1**

## **1.1 INTRODUCCIÓN**

La utilización de los PLC's (Controladores lógicos programables) y la conexión entre estos son muy empleadas en áreas de producción como industrias, para lo cual los estudiantes necesitan encontrarse lo bastante capacitados para manejar estos sistemas.

Por la razón anteriormente señalada se propone el desarrollado de guías prácticas para el manejo del MPS – 516, en las cuales se presenta de forma detallada la utilización de cada una de las estaciones que contiene el FMS (Sistema de Manufactura Flexible) hasta llegar a implementar un sistema HMI (Interfaz Hombre Máquina), SCADA (Control de Supervisión y Adquisición de Datos), una red Ethernet, identificación de sensores actuadores, red AS-I (Interfaz sensor actuador).

## **1.2 OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar una guía de prácticas de laboratorio para el MPS 516 - FMS de FESTO de la Facultad de Ingeniería Electrónica de la Universidad Politécnica Salesiana.

### **1.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Investigar y probar el funcionamiento de la estación de Distribución del MPS 516 de FESTO, para diseñar el documento de guías de prácticas de laboratorio.

- Investigar y probar el funcionamiento de la estación de Verificación del MPS 516 FMS de FESTO, para diseñar el documento de guías de prácticas de laboratorio.
- Investigar y probar el funcionamiento de la estación de Proceso del MPS 516 FMS de FESTO, para diseñar el documento de guías de prácticas de laboratorio.
- Investigar y probar el funcionamiento de la estación de Manipulación del MPS 516 FMS de FESTO, para diseñar el documento de guías de prácticas de laboratorio.
- Manejar el robot industrial 5-GDL RV-2AJ de Mitsubishi, para diseñar el documento de guías de prácticas de laboratorio.
- Configurar una red MPI (Interfaz Multipunto) entre 2 o mas estaciones, para diseñar el documento de guías de prácticas de laboratorio.
- Investigar el funcionamiento del sistema HMI/SCADA (Interfaz Hombre Máquina / Control de Supervisión y Adquisición de Datos), para diseñar el documento de guías de prácticas de laboratorio.

### **1.3 ALCANCE DEL PROYECTO**

El desarrollo de cada guía de prácticas se realizará utilizando todos los elementos encontrados en cada estación, no se implementará elementos externos a los encontrados en el FMS.

Cada guía de prácticas será entregada como un documento escrito el cual irá incrementando su nivel de dificultad para obtener una comprensión mejor del funcionamiento de la misma.

La estructura propuesta de las guías de prácticas de laboratorio contiene los siguientes elementos: Información general, introducción, objetivos, materiales y equipos, metodología, bibliografía relacionada con la práctica, presentación del informe.

Cada módulo tendrá una guía de prácticas el cual contendrá como mínimo tres temas diferentes, ya que son 6 módulos se obtendrá como mínimo 18 prácticas, una guía práctica de redes PROFIBUS con dos temas, una guía práctica de redes MPI con dos temas, una guía práctica usando el sistema SCADA con WINCC con un tema, dando un mínimo de nueve guías de prácticas de laboratorio con un total 23 temas.

#### **1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En muchos de los casos las clases teóricas no son complementadas con clases prácticas. Este complemento es el que permite a los estudiantes interiorizar los conocimientos al ver, probar, y analizar lo estudiado en el aula. Esto de acuerdo a las necesidades de los estudiantes en su futuro profesional así como de la facilidad para conseguir los insumos y equipos en el mercado local. (GARCÍA, 2009)

## **CAPÍTULO 2**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 GUÍAS DE LABORATORIO**

Las guías son una propuesta de ejercicios resueltos y sin resolver, que como material abierto de aprendizaje son utilizadas para complementar la enseñanza en la clase, llevando esta a la práctica. (GARCÍA, 2009)

#### **2.2 ANÁLISIS Y DESARROLLO DE GUÍAS**

##### **2.2.1 ESQUEMA DE INVESTIGACIÓN**

###### **2.2.1.1 Nociones de teoría del conocimiento**

Todo lo que abstrae la mente humana de las cosas que lo rodean viene a ser llamado conocimiento, para que exista el conocimiento se necesita de tres componentes: (MORA, 2002)

- Un objeto de conocimiento.
- Una relación con el sujeto que conoce y el objeto que se va a conocer.
- Un sujeto que conoce.

###### **2.2.1.2 Clasificación del conocimiento**

Los conocimientos pueden variar dependiendo de su nivel de profundidad, estos se clasifican en:

- Natural.
- De divulgación.
- Racional.

#### ***2.2.1.2.1 Conocimiento natural***

Este conocimiento es adquirido meramente por las experiencias que se produce en vivir diario de cada individuo. Como por ejemplo el conocimiento que es heredado de un padre hacia un hijo, este puede ser carpintería, cerrajería, etc. (MORA, 2002)

#### ***2.2.1.2.2 Conocimiento de divulgación***

El conocimiento de divulgación es aquel que es obtenido por medio de revistas, de grabaciones, de libros y lo que se encuentra en auge en estos tiempos como es el Internet. (MORA, 2002)

#### ***2.2.1.2.3 Conocimiento racional***

También llamado conocimiento científico y filosófico, este tipo de conocimiento es obtenido mediante la observación científica de la realidad que rodea al sujeto y siguiendo una metodología. (MORA, 2002)

#### ***2.2.1.3 La teoría y la práctica***

A la teoría se la puede conceptualizar como una vista hipotética de un evento que puede ocurrir en el universo del cual se puede proceder a la práctica.



La aplicación de las teorías se puede convertir en actividades prácticas ya que ambas se complementan.

Es muy importante que lo que se ha teorizado se lo ponga en práctica ya que las habilidades mentales de los individuos se aumentan a través de la práctica, la lógica y de la creatividad. (MORA, 2002)

#### **2.2.1.3 Inteligencia y el pensamiento lógico**

El acto mismo de pensar puede ser definido con el término de pensamiento, se considera una actividad mental implícita que no se puede medir externamente en función a resultados, se usa continuamente y siempre se encuentra activa, por el contrario la inteligencia se considera una capacidad mental para resolver problemas complejos se puede medir objetivamente y se puede valorar a través de la aplicación de pruebas de inteligencia, además es una función mental que se supone se utiliza cuando se necesita resolver problemas difíciles. (MORA, 2002)

#### **2.2.1.4 El proceso del pensamiento**

Es la etapa mental que realiza un trabajo de tipo intelectual que se fundamente en la lógica el cual inicia con las ideas y culmina con la determinación lógica de las mismas. (MORA, 2002)

#### **2.2.2 EL MÉTODO**

El vocablo método viene del griego *methodus* cuyo significado es el cambio hacia algo, de forma general se describe al método como la forma de expresar o realizar de forma ordena una cosa, norma o regla. (MORA, 2002)

### **2.2.3 METODOLOGÍA**

El vocablo metodología tiene distintas definiciones, una de ellas es el conjunto de conocimientos que explica los métodos, mostrando sus restricciones, aclarando sus consecuencias y tomando en cuenta el potencial para realizar los avances de investigación. (MORA, 2002)

### **2.2.3 MÉTODOS**

Los métodos se han dividido en método general, específicos y particulares.

#### **2.2.3.1 Método general**

Un método general debería ser aplicado de una forma universal a toda la ciencia, pero al contrario de esto no se puede aplicar un método a todas las ciencias existentes, por tal motivo se ha generado los siguientes sub métodos:

- Análisis.
- Síntesis.
- Inducción.
- Deducción.

#### **2.2.3.2 Método particular**

Al no poder generalizar un solo método para todas las ciencias se han creado métodos particulares o específicos para cada ciencia particular, lo cual ayudará a su mejor estudio y desarrollo.

### **2.2.3.3 Método específico**

Los métodos específicos tienen la facilidad de ser aplicados a varios tipos de ciencias que tengan alguna relación entre sí, como por ejemplo los métodos del materialismo histórico y el método del materialismo dialéctico.

### **2.2.4 MÉTODO ESTADÍSTICO**

Es un método particular que se utiliza como técnica de investigación el cual reúne, e interpreta datos numéricos por medio de la búsqueda de los mismos, luego los organiza, analiza e interpreta, este método es útil en concentrar el cálculo de muestreo y la interpretación de los datos. (MORA, 2002)

### **2.2.5 MÉTODO CIENTÍFICO**

El método científico se ha ido integrando al proceso de investigación científica en sus diversas etapas, tanto a nivel de recopilación de datos y hechos por observación o experimentación a nivel de formulación de hipótesis. (MORA, 2002)

### **2.2.5 INVESTIGACIÓN**

La ciencia es investigación en cuanto a que esta se puede definir también como una actividad de investigación empírica y de estudio sistemático que utiliza la observación y experimentación para establecer nuevos hechos o principios.

La investigación tiene sus bases en la ciencia y adquiere un valor científico a través de las aportaciones de la metodología, por tanto el simple hecho de investigar, registra o de hacer diligencias para decidir algo, o la búsqueda de un

resultado, no garantiza la autenticidad de la investigación ni el descubrimiento científico de esta manera la objetividad otorga credibilidad a la investigación. (MORA, 2002)

#### **2.2.5.1 Características de la investigación**

La investigación se puede llevar a cabo por varios propósitos y fines, uno de estos propósitos puede ser el encontrar la respuesta a los problemas existentes en un tema específico. (MORA, 2002)

Toda actividad se considera científica si el estudio aplica correctamente la metodología científica de esta manera, toda investigación científica debe tener los siguientes requisitos:

- Debe contar con una base teórica y una metodología apropiada.
- Deber ser asequible.
- Todo resultado debe basarse en datos reales.
- Se debe poder generalizar en su aplicación.
- Debe obtenerse datos lo más cercanos a la realidad.

#### **2.2.5.2 Tipos de fuentes de datos**

Las fuentes de datos primarias son aquellos que poseen la información original la cual no ha sido obtenida o grabada en algún medio de información.

### **2.2.5.3 Fuentes documentales**

También llamadas fuentes secundarias son aquellos que poseen la información que ya ha sido transmitida o entregada en algún medio de información previamente, esta información ya se la puede encontrar en alguna forma de medio de consulta. Estas fuentes documentales se dividen en fuentes documentales de primera mano y fuentes documentales de segunda y tercera mano. (MORA, 2002)

#### ***2.2.5.3.1 Fuentes documentales de primera mano***

Es todo documento el cual posea información que no haya sido manipulada ni alterada anteriormente, como por ejemplo: Códices, informes científicos, disertaciones doctorales de universidades. (MORA, 2002)

#### ***2.2.5.3.2 Fuentes documentales de segunda mano***

Son aquellos escritos los cuales tengan información de fuentes originales, pero que hayan sido de alguna forma alterados o cambiados con el objetivo de producir engaño, como ejemplo: diarios, periódicos, libros de divulgación popular. (MORA, 2002)

#### ***2.2.5.3.3 Fuentes documentales de tercera mano***

Aquellos textos que están basados en fuentes de segunda mano. Como ejemplo son las revistas no científicas.

### **2.2.6 PERFIL DEL INVESTIGADOR**

Se le conoce a toda persona como investigador si realiza en forma habitual trabajos de investigación de alto nivel en cualquiera de las ciencias.

Si la persona que investiga y esta investigación está orientada a las ciencias naturales o tecnológicas se le dará el nombre de investigador científico, de forma contraria si la investigación está dada hacia las ciencias humanísticas tomará el nombre de investigador social. (MORA, 2002)

### **2.2.7 INSTRUMENTOS DEL INVESTIGADOR**

La principal herramienta que se utiliza para la recolección de los datos tomará el nombre de cuestionarios, los cuales se utilizarán para la obtención de la información que garantizará el buen desarrollo del trabajo de investigación. (MORA, 2002)

### **2.2.8 CUESTIONARIOS**

Es la herramienta que más se utiliza en la recolección de información. El cuestionario estará compuesto por un grupo de preguntas que apuntan a una o más variables a medir.

Existen dos tipos de preguntas:

- Cerradas: son preguntas las cuales se escoge la respuesta de un conjunto de opciones dadas.
- Abiertas: son aquellas que la respuesta dada puede ser de criterio personal.

Las preguntas cerradas son fáciles de analizar ya que su respuesta es objetiva.

### **2.2.9 PREGUNTAS**

Las preguntas deben cumplir las siguientes características:

- Deben ser comprensibles.
- No deben contener temas incómodos.
- Deben orientarse a un solo tema.
- No deben ayudar a dar una respuesta u otra.
- El lenguaje debe ser claro para el encuestado.

### **2.2.10 PRIMERAS PREGUNTAS DE UN CUESTIONARIO**

Es conveniente iniciar con preguntas fáciles y secuenciales.

### **2.2.11 TAMAÑO DE UN CUESTIONARIO**

El cuestionario no debe ser extenso para no hacerlo aburrido, ni muy corto para no perder información.

### **2.2.12 REQUISITOS DE UN INSTRUMENTO DE MEDICIÓN**

Los instrumentos de medición deben tener:

- Confiabilidad.
- Validez.

La confiabilidad se refiere que al aplicar un test a diferentes personas debe acercarse a un resultado idéntico.

La validez hace referencia a que el instrumento de medida de verdad tome los datos que pretende medir.

### **2.2.13 CONFIABILIDAD**

Existen fórmulas para determinar los coeficientes de confiabilidad, los resultados de realizar o aplicar estas fórmulas pueden encontrarse entre un valor de 0 a 1 dando como resultado en el valor 0 una confiabilidad nula o muy baja, al contrario valores cercanos a 1 brindan una mayor confiabilidad. (MORA, 2002)

Los diferentes métodos para determinar la confiabilidad de un cuestionario son los siguientes:

- Medida de estabilidad: Se utiliza un mismo método de medición a un grupo de personas este es tomado dos o mas veces si la correlación de los resultados es positiva se dice que el instrumento es confiable, hay que también tomar en cuenta el tiempo entre prueba y prueba.
- Formas alternativas o paralelas: No se administra el mismo instrumento de medición, se administra más de dos en formas equivalentes, ya sea en duración, instrucciones y contenido, se toman dos muestras y el tiempo entre cada una de ellas debe ser corto, si la correlación entre resultados es positiva, el instrumento es confiable.



- Método de mitades partidas: Utiliza una sola administración de medición en un mismo grupo de personas, se divide el total de ítems en dos mitades y se compara. Si los resultados de ambas mitades se encuentran fuertemente correlacionados se dice que el instrumento es confiable.
- Coeficiente alfa de Cronbach: Se aplica una sola vez su valor de salida se encuentra entre 0 y 1.

#### **2.2.14 PROCEDIMIENTO PARA CONSTRUIR UN INSTRUMENTO DE MEDICIÓN**

Para construir un elemento de medición existen dos características:

- Buscar instrumentos ya existentes que se acoplen a lo que se desea medir.
- Crear instrumento nuevo para la medición deseada

## **CAPÍTULO 3**

### **ANÁLISIS Y DESARROLLO**

#### **3.1 ANÁLISIS**

##### **3.1.1 INTRODUCCIÓN A LA PROGRAMACIÓN DEL PLC S7300 CON CPU 313C CON STEP7**

###### **3.1.1.1 Definición de Plc**

PLC (Controlador Lógico Programable), es un equipo el cual esta diseñado para controlar procesos en tiempo real y sin mucha exigencia de programación. Es común encontrarlos en ambientes industriales. (JOAN DOMINGO PEÑA, 2003)

###### **3.1.1.2 Ventajas**

- Disminuye el tiempo de desarrollo de proyectos.
- Se puede realizar varios procesos sin aumentar el costo.
- Su tamaño es pequeño.
- Costo de mantenimiento relativamente bajo.
- Disminuye el costo de mano de obra.
- Se puede controlar diferentes máquinas con un mismo equipo.

### **3.1.1.3 Desventajas**

Los PLC's (Controlador Lógico Programable), tienen algunas desventajas tales como:

- Que siempre se necesita de personas calificadas con un alto nivel de experiencia electrónica para el mantenimiento.
- Su costo es alto en comparación con el uso de microcontroladores.

### **3.1.1.4 Entradas y salidas (E/S)**

Los PLC's tienen entradas y salidas de tipo análogas, digitales y especiales.

Las entradas y salidas digitales tienen dos estados: encendido y apagado, abierto o cerrado, el nivel de voltaje de las entradas están entre 5 VDC, 24 VDC, 48 VDC y 220 VAC. Los elementos más comunes de salida son los relés.

Las entradas y salidas análogas convierten una magnitud analógica a una magnitud discreta utilizando conversores analógico-digitales (ADC).

Las Entradas y salidas especiales se usan porque se necesitan equipos adicionales, o por que los programas son muy extensos. (JOAN DOMINGO PEÑA, 2003)

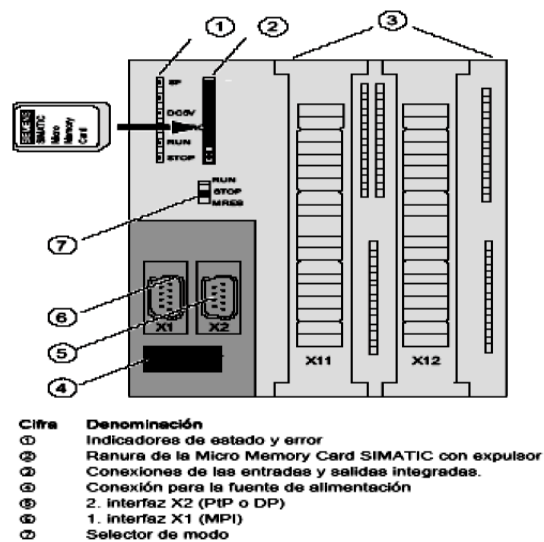
### 3.1.2 ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO FESTO MPS 516

#### 3.1.2.1 Plc siemens s7 300 cpu 313c

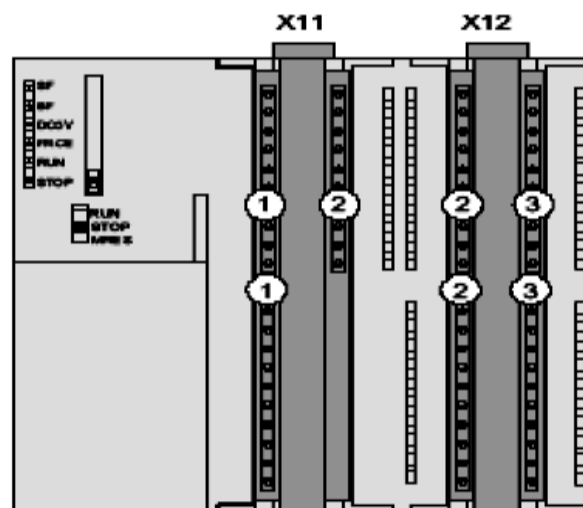


**Figura 3.1:** Plc siemens s7 300 cpu 313c  
**Fuente:** manual s7300

#### 3.1.2.2 Partes del plc s7300



**Figura 3.2:** Partes del PLC s7300  
**Fuente:** Manual s7300



Cifra	Denominación
①	Entradas analógicas y salidas analógicas
②	8 Entradas digitales cada uno
③	8 Salidas digitales cada uno

**Figura 3.3:** Partes del PLC s7300

*Fuente: Manual s7300*

### 3.1.2.3 Características

- Son equipos de gama media<sup>1</sup>, los cuales están dispuestos como sistema modulares para su configuración.
- Tiene una gran variedad de módulos para distintos objetivos.
- Su memoria de programación es de hasta 85 K en instrucciones.
- Pueden tener hasta 1024 entradas/salidas.
- Su tiempo de ejecución es rápido lo cual le permite ejecutar hasta 1024 instrucciones en 0.1 ms.
- Su configuración modular integrado en la parte posterior.

<sup>1</sup> 1.- Gama media: si el número de E/S es mayor o igual a 256 y menor a 1024

- Posee contadores, posicionadores, control de lazo cerrado.
- Tiene integrado Interface PROFIBUS en las serie 300 CPU 313X-2-DP.
- Realizar cálculos grandes matemáticos.
- Su programación es rápida y sencilla.

### **3.1.3 NEUMÁTICA**

#### **3.1.3.1 Cilindro de doble efecto**

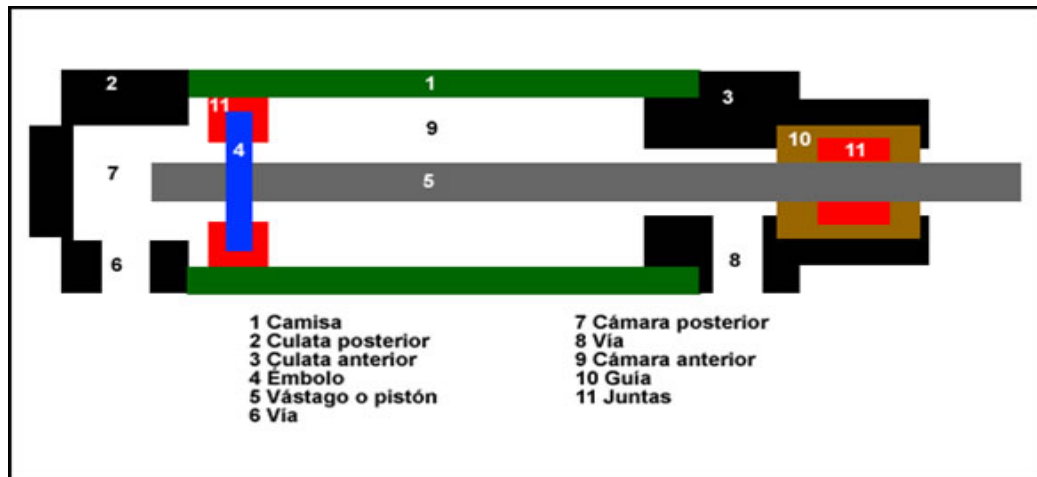
El cilindro de doble efecto tiene la habilidad tanto de empujar como de contraerse por si mismo con la ayuda del aire comprimido el cual entra en sus cámaras respectivas para realizar una u otra acción.

Estos cilindros tienen muchas mas áreas de trabajo y aplicación, ya que poseen dos acciones con lo cual cuando se implementa un cilindro siempre se prefiere colocar un cilindro de doble efecto aunque se necesite utilizar uno de simple efecto. (SALVADOR, 1993)

El cilindro de doble efecto tiene un émbolo y dos entradas del aire colocadas a los lados del émbolo.

Para el movimiento de retroceso se introduce aire en la cámara anterior y de igual forma para realizar el movimiento de avance se introduce el aire a presión en la cámara posterior.

Se debe tener en cuenta que para realizar el movimiento de avance se necesita menos fuerza que para lograr el movimiento de retroceso.



**Figura 3.4:** Partes del pistón neumático  
**Fuente:** Actuadores neumáticos

Cuando se envía aire comprimido por la entrada (6) y la entrada (8) como salida de aire el vástago (5) avanza. Y de forma contraria si la entrada (8) se coloca como entrada de aire y la (6) como salida el vástago realizara la acción de retroceso. (SALVADOR, 1993)

Los cilindros de doble efecto pueden ser:

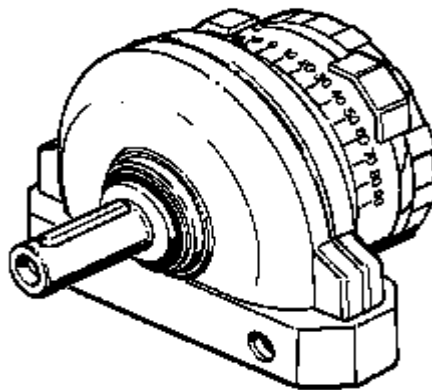
- Sin amortiguación.
- Con amortiguación.

Las ventajas

- Se puede realizar trabajo en los dos sentidos.
- Para comprimir el muelle no se pierde fuerza.

Pero una de las desventajas es que se utiliza el doble de aire que el de efecto simple.

### 3.1.3.2 Motores Neumáticos



**Figura 3.5:** Motor neumático  
**Fuente:** Actuadores neumáticos

Los motores neumáticos tienen la función de transformar la energía neumática en energía mecánica. (SALVADOR, 1993)

Características:

- Son livianos y pequeños.
- Su arranque y paro es muy rápido.
- Su control no es muy complejo.
- Tiene baja inercia.

## 3.1.4 LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN

### 3.1.4.1 Programación en AWL

Es un lenguaje el cual está compuesto por una serie de instrucciones las cuales están orientadas a la máquina y se pueden reunir en una lista verticalmente en



forma de párrafos dependiendo del comando que se quiere ejecutar. (Enrique Mandado Pérez, 2009)

#### **3.1.4.2 Programación en lenguaje KOP**

Este lenguaje es también llamado diagrama de escaleras, el cual es muy popular y fácil de programar ya que se lo realiza de una forma horizontal para las acciones y verticalmente para colocar cada acción, una a continuación de la otra, tiene una relación directa con un esquema eléctrico de control. (ENRIQUE MANDADO, 2009)

#### **3.1.4.3 Lenguaje de programación FUP (Diagramas de funciones)**

También llamado diagrama de funciones, el cual utiliza álgebra booleana para representar la programación del proceso, además puede representar fórmulas matemáticas. (ENRIQUE MANDADO, 2009)

#### **3.1.4.4 Programación en lenguaje GRAFCET**

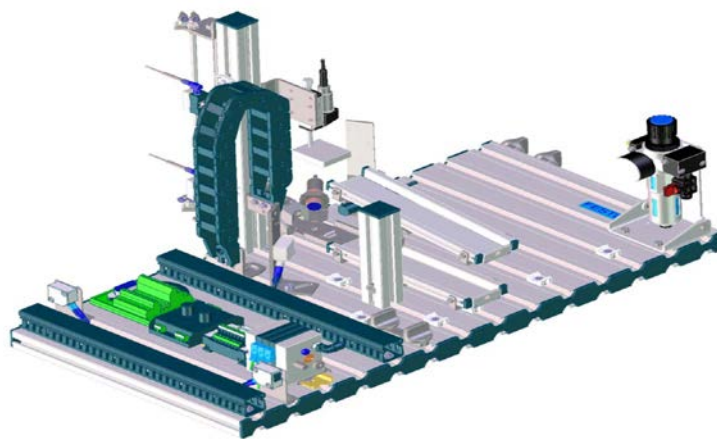
La particularidad del lenguaje GRAFCET (Programación secuencial) es que su programación es secuencial, eso quiere decir que una vez puesto en marcha el proceso cada acción se tiene que realizar según como está en el programa, ya que no se puede saltar o regresar y para que se vuelva a cumplir nuevamente esa acción se tendrá que comenzar nuevamente todo el proceso. (ENRIQUE MANDADO, 2009)

## 3.2 DESARROLLO

### 3.2.1 CARACTERIZACIÓN

Lo primero que se debe realizar al momento de tratar de manipular el MPS-516 es: la caracterización de los módulos, como funciona el módulo, datos técnicos, en si las conexiones de los sensores y de los actuadores para con ello tener un mejor panorama de él y así poderlo manipular y programar con más facilidad.

### 3.2.2 CARACTERIZACIÓN ESTACIÓN VERIFICACIÓN



**Figura 3.6:** Módulo Testing  
**Fuente:** Manual Festo

#### 3.2.1.1 Función

La estación detecta los diferentes tipos de piezas y las clasifica según su tipo, esto ayudado con un pistón el cual empuja las piezas a una recipiente en la parte baja o en la parte alta ayudados por un ascensor el cual eleva las piezas para depositarlas en una rampa. (Wolfgang Eckart, Testing Station MPS 2000 Trainee Edition, 2002)

### 3.2.1.2 Datos técnicos

- Presión de funcionamiento 600 KPa (6 bar)<sup>2</sup>.
- Alimentación de tensión 24 V DC.
- 8 entradas digitales.
- 5 salidas digitales.

### 3.2.1.3 Módulo de detección

El módulo de detección comprende dos sensores diferentes; óptico, capacitivo y una escuadra de montaje.

- Alimentación: 24 V DC.
- Salidas: PNP, contacto normalmente abierto.
- Cable de conexión: 3 pines.

Distancia nominal de conmutación:

- Sensor capacitivo: 2 – 8 mm (ajustable).
- Sensor óptico: hasta un máximo de 400 mm (ajustable).



**Figura 3.7:** Módulo de detección  
**Fuente:** Autores

---

<sup>2</sup> 1bar = 100000 pascuales; 14.5037738 PSI; 1.02 atmosfera

#### 3.2.1.4 Módulo de medición

Sensor de desplazamiento lineal (potenciómetro de conductor plástico):

- Margen de medición: 25 mm.
- Resistencia: 1 kohm.

Comparador:

- Distancia nominal de conmutación: hasta un máximo de 400 mm (ajustable).
- Alimentación: 24 V DC.
- Salidas: 3, PNP, contacto normalmente abierto.
- Entrada analógica: 0 – 10 V.



**Figura 3.8:** Módulo de medición  
**Fuente:** Manual Festo

#### 3.2.1.5 Módulo de rampa neumático

- Transfiere piezas a las estaciones.
- Longitud: 220 mm.

- Presión de funcionamiento: 600 KPa (6 bar).
- Ajuste: Por medio de un regulador de caudal en la parte inferior de la rampa.



**Figura 3.9:** *Rampa neumática*  
**Fuente:** *Manual Festo*

#### **3.2.1.6 Módulo elevador**

- Altura: 290 mm.
- Anchura: 220 mm.
- Fondo: 130 mm.



**Figura 3.10:** *Módulo elevador*  
**Fuente:** *Manual Festo*

### 3.2.1.7 Sensor de retro reflexión

- Distancia de funcionamiento: 10 – 700 mm.
- Alimentación: 24 V DC.
- Salida: PNP, contacto normalmente abierto/cerrado.
- Cable de conexión: 4 pines.



**Figura 3.11:** Sensor de retro reflexión  
**Fuente:** Manual Festo

### 3.2.1.8 Módulo de rampa

#### 3.2.1.8.1 Estación de Manipulación, estación de Clasificación

Aplicación: Como rampa final o rampa separadora.

- Longitud: 250 mm.
- Altura estándar: 117 – 20 mm (ajustable).

#### ***3.2.1.8.2 Estación de Montaje***

- Alimentador de material antes de un transportador o para transferir a una estación.
- Longitud: 250 mm.
- Altura estándar: 230 mm (pie perfilado).

#### ***3.2.1.8.3 Estación de Verificación***

- Aplicación: Como rampa separadora.
- Longitud: 200 mm.



***Figura 3.12: Módulo de rampa***  
***Fuente: Manual Festo***

3.2.1.9 Diagrama eléctrico

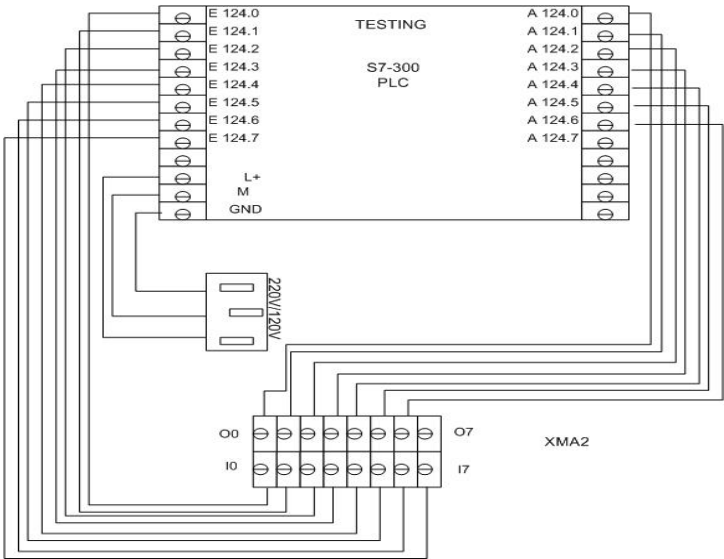


Figura 3.13: Diagrama eléctrico  
Fuente: Manual Festo

3.2.1.10 Tabla de direcciones de entradas y salidas

ETIQUETA DEL SÍMBOLO	DIRECCIÓN	XMA2	COMENTARIO
bajar	A 124.0	O0	Baja el ascensor
subir	A 124.1	O1	Sube el ascensor
piston	A 124.2	O2	Activa el pistón
rampa	A 124.3	O3	Activa el aire de la rampa
LED_START	A 125.0		Panel
LED_RESET	A 125.1		Panel
Q1	A 125.2		Panel

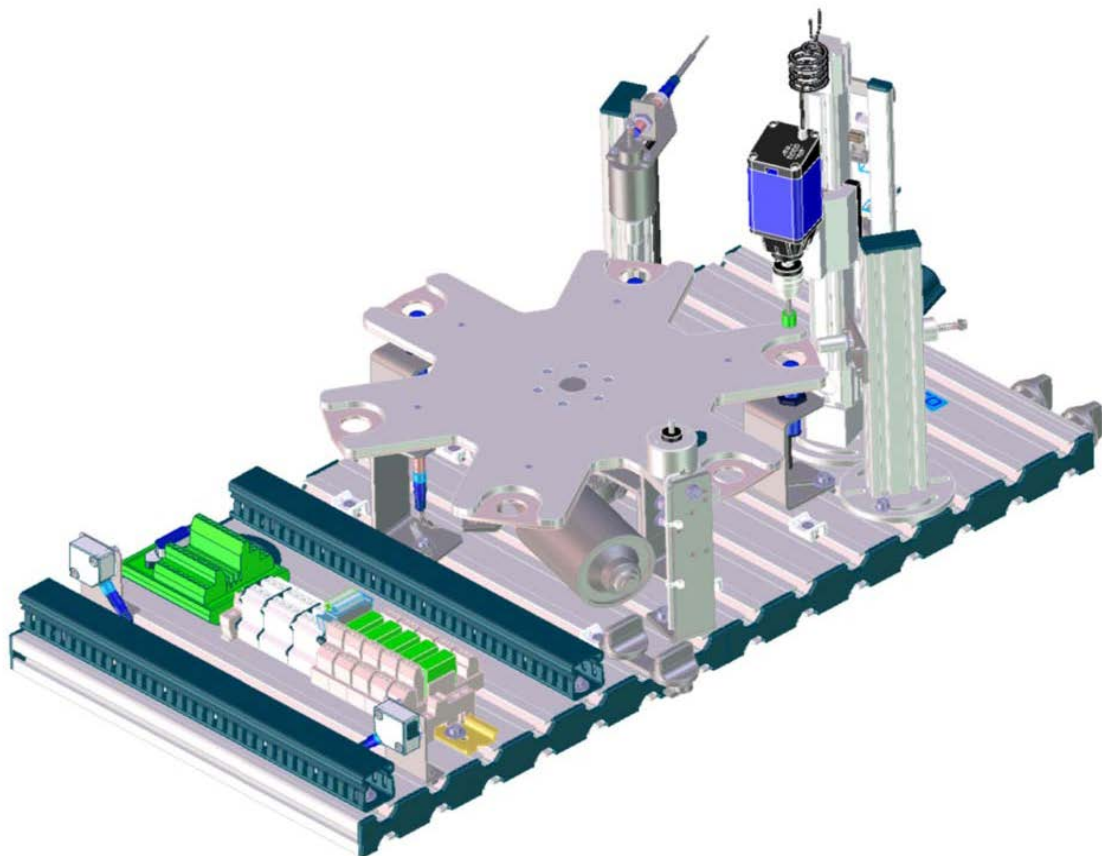


Q2	A 125.3		Panel
Q4	A 125.4		Panel
Q5	A 125.5		Panel
Q6	A 125.6		Panel
Q7	A 125.7		Panel
sen_capa	E 124.0	I0	Sensor Capacitivo
sen_opti	E 124.1	I1	Sensor Óptico
sen_refle	E 124.2	I2	Sensor Reflectivo
sen_nivel	E 124.3	I3	Sensor de Nivel
sen_arriba	E 124.4	I4	Sensor que indica que el ascensor está arriba
sen_abajo	E 124.5	I5	Sensor que indica que el ascensor está abajo
sen_piston	E 124.6	I6	Sensor que indica que el pistón está retraído
ip_fi	E 124.7	I7	Sensor de barrera del módulo
start	E 125.0		Panel
stop	E 125.1		Negado
llaves	E 125.2		Panel

reset	E 125.3		Panel
I4	E 125.4		Panel
I5	E 125.5		Panel
I6	E 125.6		Panel
I7	E 125.7		Panel

**Tabla 3.1:** Direcciones  
**Fuente:** Manual Festo

### 3.2.2 CARACTERIZACIÓN DE LA ESTACIÓN DE PROCESO (PROCESSING)



**Figura 3.14:** Módulo processing  
**Fuente:** Manual Festo

### **3.2.2.1 Función**

La estación contiene una bandeja en la cual se colocan las piezas, las cuales se posicionarán debajo de los distintos instrumentos, el primer instrumento que verifica que la pieza este en la posición correcta, y el segundo instrumento que es el taladro el cual perfora la pieza. (Wolfgang Eckart, 2002)

- Taladro DC.
- Motor DC en mesa de indexación giratoria.
- Accionamiento eléctrico lineal para avance del taladro.
- Distribuidor de clasificación eléctrico.
- Actuador de solenoide en el módulo de sujeción y el módulo de verificación.

### **3.2.2.2 Datos técnicos**

- Alimentación de tensión 24 V DC.
- 8 entradas digitales.
- 8 salidas digitales.

### 3.2.2.3 Módulo de compuerta de clasificación, eléctrico



**Figura 3.15:** Módulo de compuerta  
**Fuente:** Manual Festo

- Tensión: 24 V DC.
- Potencia: 7 W.

### 3.2.2.4 Módulo de mesa giratoria de indexación



**Figura 3.16:** Módulo de mesa giratorio  
**Fuente:** Manual Festo

### 3.2.2.5 Mesa giratoria

- Posiciones de la pieza: 6.

- Diámetro: 350 mm.
- Altura: 125 mm.
- Tensión nominal: 24 V.
- Velocidad de giro nominal: 6 r.p.m. (con resistencia en serie de 47 Ohm).
- Corriente nominal: 0,15 A (con resistencia en serie de 47 Ohm).
- Corriente nominal: 0,5 A.

### 3.2.2.6 Módulo de taladrado



**Figura 3.17:** Módulo de taladro  
**Fuente:** Manual Festo

- Altura: 360 mm.
- Carrera de trabajo: 100 mm.
- Alimentación: 24 V DC.

- Corriente nominal del motor DC 0,3 A.
- Corriente nominal de taladrado: 0,5 A.

### 3.2.2.7 Módulo de verificación



**Figura 3.18:** Módulo de verificación  
**Fuente:** Manual Festo

Actuador por solenoide:

- Carrera de trabajo: 10 mm.
- Tensión: 24 V DC.
- Potencia: 7 W.

Sensor inductivo:

- Distancia nominal de conmutación: 2,5 mm.
- Alimentación: 24 V DC.
- Salida: PNP, contacto normalmente abierto.

- Cable de conexión: 3 pines.

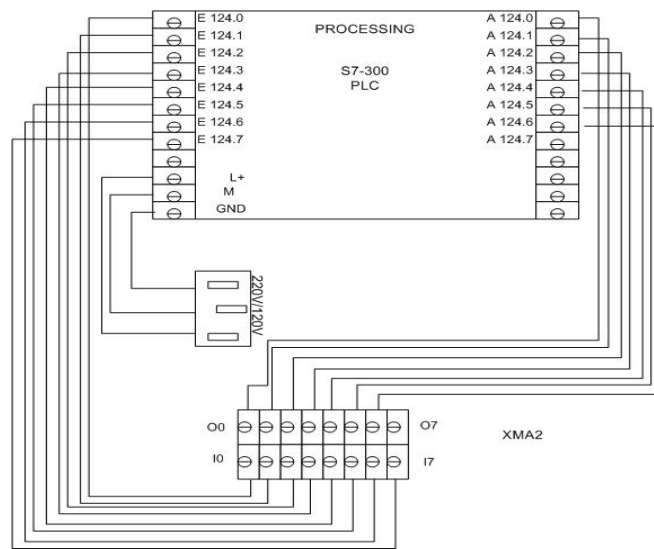
### 3.2.2.8 Sensor inductivo



**Figura 3.19:** *Sensor inductivo*  
**Fuente:** *Manual Festo*

- Distancia nominal de conmutación: 2,5 mm.
- Alimentación: 24 V DC.
- Salida: PNP, normalmente abierta.
- Cable de conexión: 3-pines.

### 3.2.2.9 Diagrama eléctrico



**Figura 3.20:** Diagrama eléctrico  
Fuente: Autores

### 3.2.2.10 Tabla de direcciones de entradas y salidas

ETIQUETA DEL SÍMBOLO	DIRECCIÓN	XMA2	COMENTARIO
taladro	A 124.0	O0	Activa taladro
bandeja	A 124.1	O1	Gira bandeja
baja	A 124.2	O2	Baja el taladro
sube	A 124.3	O3	Sube taladro
ajusta	A 124.4	O4	Ajusta el taladro
pistón	A 124.5	O5	Activa pistón
ip_n-fo	A 124.7	O7	Comunicación entre estaciones



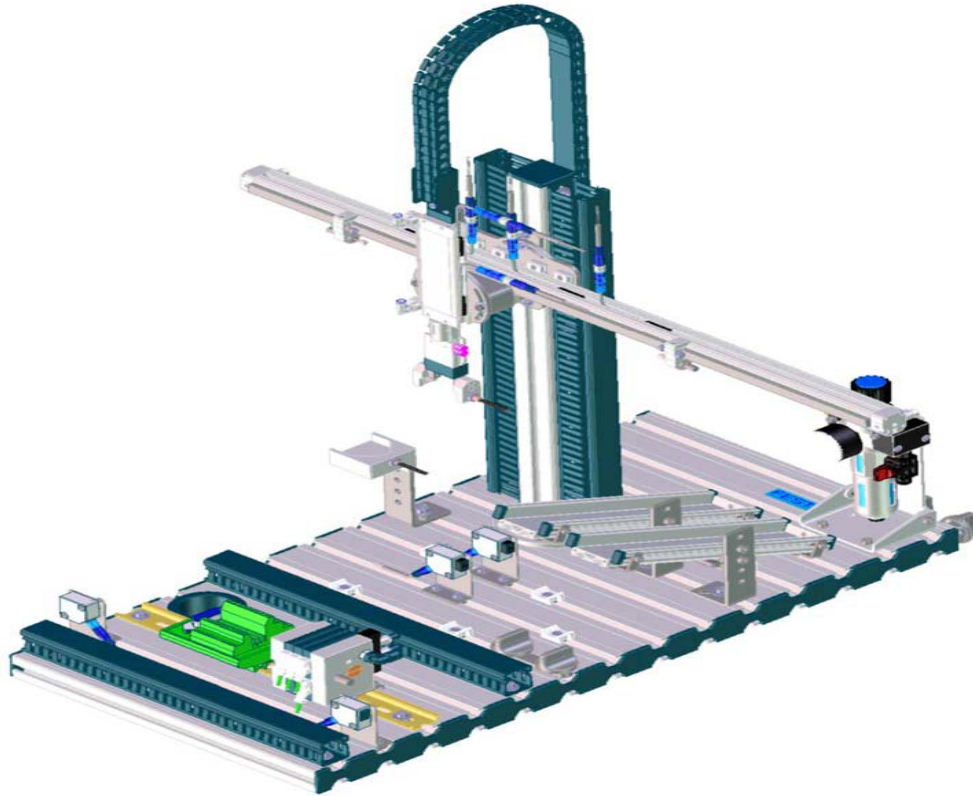
LED_START	A	125.0		Panel
LED_RESET	A	125.1		Panel
Q1	A	125.2		Panel
Q2	A	125.3		Panel
Q4	A	125.4		Panel
Q5	A	125.5		Panel
Q6	A	125.6		Panel
Q7	A	125.7		Panel
sen_inicio	E	124.0	I0	Presencia de una pieza en la bandeja de recepción.
sen_taladro	E	124.1	I1	Presencia de una pieza en la bandeja, bajo el taladro.
sen_piston	E	124.2	I2	Presencia de una pieza en la bandeja, bajo el pistón M5.
sen_arriba	E	124.3	I3	Final de carrera del taladro en la posición superior.
sen_abajo	E	124.4	I4	Final de carrera del taladro en la posición inferior.
sen_bandeja	E	124.5	I5	Sensor inductivo condiciones iniciales de la bandeja.
sen_activa_piston	E	124.6	I6	Sensor inductivo que indica que el pistón M5 está activo.

ip_fi	E 124.7	I7	Receptor para la comunicación entre estaciones.
start	E 125.0		Panel
stop	E 125.1		Negado
llaves	E 125.2		Panel
reset	E 125.3		Panel
I4	E 125.4		Panel
I5	E 125.5		Panel
I6	E 125.6		Panel
I7	E 125.7		Panel

**Tabla 3.2:** Módulo de compuerta

**Fuente:** Autores

### 3.2.3 CARACTERIZACIÓN DE LA ESTACIÓN DE MANIPULACIÓN (HANDLING)



**Figura 3.21:** Módulo handling  
**Fuente:** Manual Festo

#### 3.2.3.1 Función

Está compuesto por un manipulador para transportar las piezas desde un módulo a otro o desde la banda hacia un módulo, esto es ayudado con sensores ópticos que detectan si se encuentra una pieza en el lugar que le corresponde para ser sostenida por el manipulador. (Wolfgang Eckart, Handling Station MPS 2000 Instructors Edition, 2002)

### 3.2.3.2 Datos técnicos

- Presión de funcionamiento 400 KPa (4 bar).
- Alimentación de tensión 24 V DC.
- 8 entradas digitales.
- 5 salidas digitales.

### 3.2.3.3 Módulo picalfa, neumático

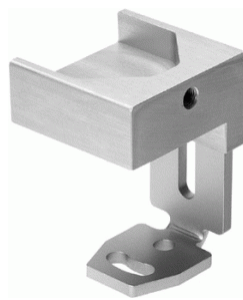


**Figura 3.22:** Módulo picalfa  
**Fuente:** Manual Festo

- Accionamiento lineal: longitud de la carrera 600 mm, 3 sensores de posición final.
- Cilindro plano: longitud de la carrera 80 mm, 2 sensores de posición final

- Pinza neumática.
- Altura: 700 mm.
- Anchura: 220 mm.
- Longitud: 730 mm.

#### 3.2.3.4 Módulo de soporte



**Figura 3.23:** Módulo de soporte  
**Fuente:** Manual Festo

#### 3.2.3.5 Sensor de reflexión directa



**Figura 3.24:** Sensor de reflexión  
**Fuente:** Manual Festo

El sensor de fibra óptica de reflexión directa puede estar situado en el módulo de toma, al final de una rampa o en una pinza.

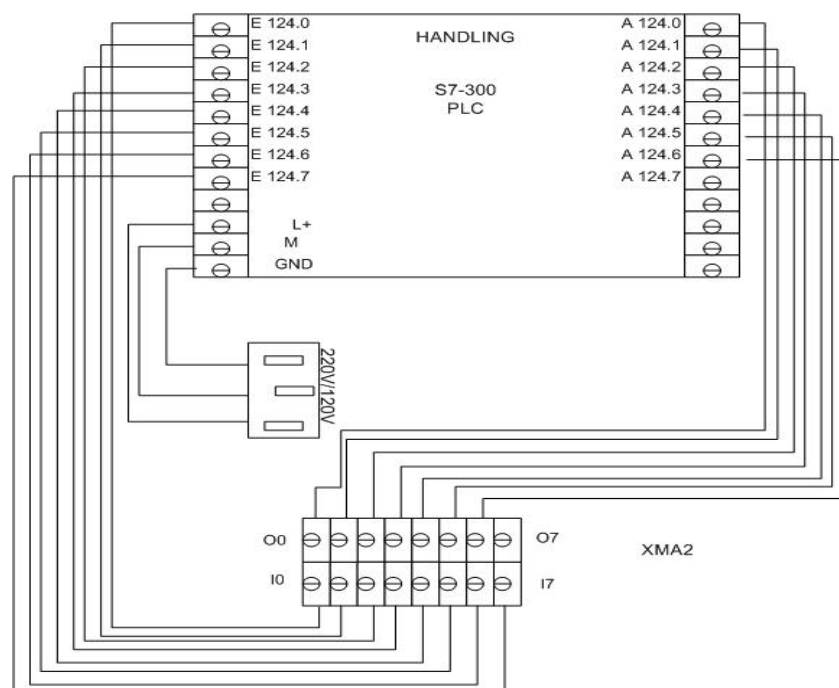
### 3.2.3.6 Módulo de rampa



**Figura 3.25:** Módulo de rampa  
**Fuente:** Manual Festo

- Aplicación: Como rampa final o rampa separadora.
- Longitud: 250 mm.
- Altura estándar: 117 – 20 mm (ajustable).

### 3.2.3.7 Esquema eléctrico



**Figura 3.26:** Esquema eléctrico  
**Fuente:** Manual Festo

### 3.2.3.8 Tabla de direcciones de entradas y salidas

ETIQUETA DEL SÍMBOLO	DIRECCIÓN	XMA2	COMENTARIO
izquierda	A 124.0	O0	Mueve el brazo a la izquierda 1m1
derecha	A 124.1	O1	Mueve el brazo a la derecha 1m2
bajar	A 124.2	O2	Mueve el brazo hacia bajo 2m1
abrir	A 124.3	O3	Abre pinza 3mm
ip_n_fo	A 124.7	O7	Infrarrojo que comunica las estaciones
LED_START	A 125.0		Panel
LED_RESET	A 125.1		Panel
Q1	A 125.2		Panel
Q2	A 125.3		Panel
Q4	A 125.4		Panel

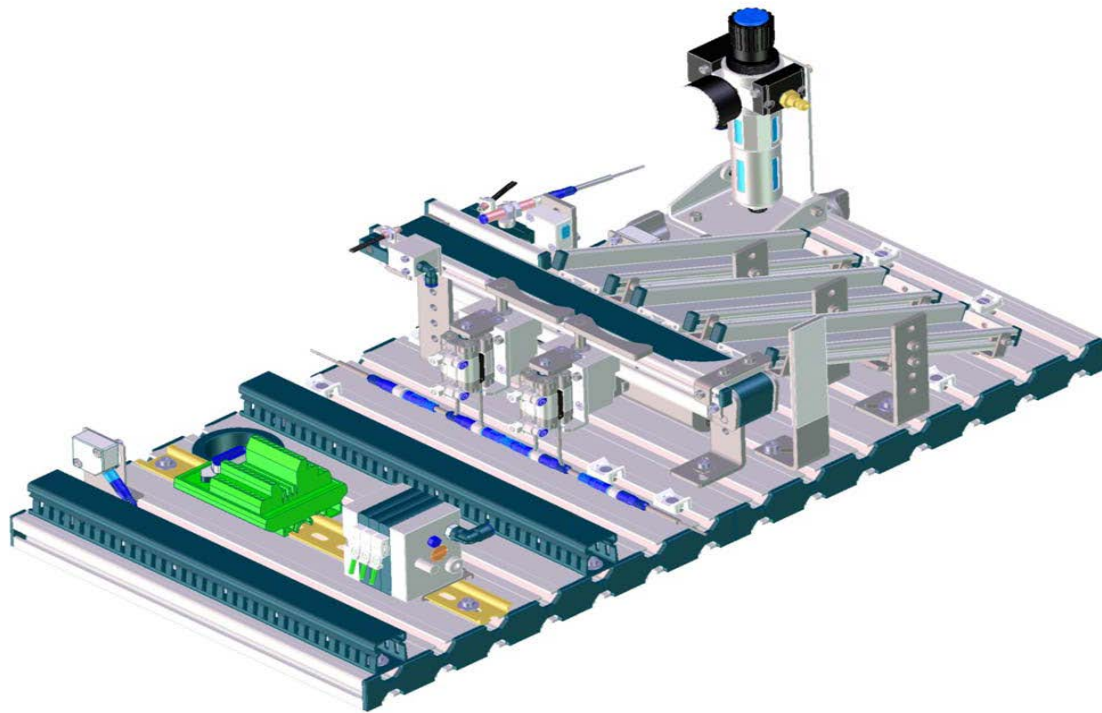
Q5	A 125.5		Panel
Q6	A 125.6		Panel
Q7	A 125.7		Panel
sen_presen	E 124.0	I0	Sensor de presencia de la base
sen_izquierda	E 124.1	I1	Sensor de la izquierda 1b1
sen_derecha	E 124.2	I2	Sensor de la derecha 1b2
sen_medio	E 124.3	I3	Sensor medio 1b3
sen_abajo	E 124.4	I4	Sensor que indica que esta abajo la pinza 2b1
sen_arriba	E 124.5	I5	Sensor que indica la posición alta de la pinza 2b2
sen_pinza	E 124.6	I6	Sensor óptico de la pinza 3b1
start	E 125.0		Panel
stop	E 125.1		Negado



llaves	E 125.2		Panel
reset	E 125.3		Panel
I4	E 125.4		Panel
I5	E 125.5		Panel
I6	E 125.6		Panel
I7	E 125.7		Panel
ip_fi	E 124.7	I7	Sensor de comunicación entre estaciones

**Tabla 3.3:** Direcciones  
**Fuente:** Manual Festo

### 3.2.4 CARACTERIZACIÓN DE LA ESTACIÓN DE CLASIFICACIÓN (SHORTING)



**Figura 3.27:** Módulo shorting  
**Fuente:** Manual de Festo

#### 3.2.4.1 Función

Esta estación clasifica las piezas roja negra y metálica mediante sensores de presencia y un sensor inductivo y los va colocando en tres diferentes rampas por medio de un actuador el cual las empuja hacia dichas rampas. (Wolfgang Eckart, Testing Station MPS 2000 Trainee Edition, 2002)

#### 3.2.4.2 Datos técnicos

- Presión de funcionamiento 600 KPa (6 bar).
- Alimentación de tensión 24 V DC.

- 8 entradas digitales.
- 4 salidas digitales.

#### 3.2.4.3 Juego de rieles de guía, clasificación



**Figura 3.28:** Guías  
**Fuente:** Manual de Festo

- Estación de clasificación.
- Consistente en 2 perfiles laterales, 4 soportes de riel de guía y 4 tapas, finales del riel de guía y 1 deflector.
- Largo de los perfiles laterales: 1 x 350 mm y 1 x 115 mm.

#### 3.2.4.4 Limitador de corriente de arranque



**Figura 3.29:** Limitador de corriente  
**Fuente:** Manual de Festo

- Tensión de control: 24 V DC
- Corriente: 1 A
- Limitación de corriente en el par de conmutación: hasta 2 A

#### 3.2.4.5 Módulo de rampa



**Figura 3.30:** Rampa  
**Fuente:** Manual de Festo

#### 3.2.4.6 Estación de Manipulación, estación de Clasificación

Aplicación: Como rampa final o rampa separadora.

- Longitud: 250 mm.
- Altura estándar: 117 – 20 mm (ajustable).

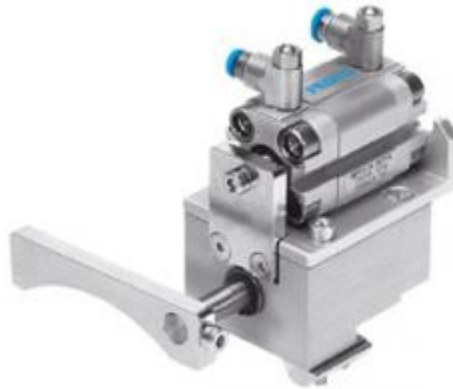
#### 3.2.4.7 Módulo de tope



**Figura 3.31:** Módulo de tope  
**Fuente:** Manual de Festo

Para montaje en un riel de guía con un cilindro de carrera de simple efecto.

#### 3.2.4.8 Módulo derivador, neumático



**Figura 3.32:** Módulo derivador  
**Fuente:** Manual de Festo

- Es un cilindro de doble efecto, con dos sensores situado a sus extremos que se usa como finales de carrera.

#### 3.2.4.9 Módulo transportador 350 con motor DC



**Figura 3.33:** Módulo transportador  
**Fuente:** Manual de Festo

Está provisto de una banda que transportara piezas de 40 mm de diámetro.

- Distancia de transporte: 350 mm.
- Motor DC: 24 V DC/1,5 A.

#### 3.2.4.10 Sensor de reflexión directa



**Figura 3.34:** Sensor de reflexión  
**Fuente:** Manual de Festo

#### 3.2.4.11 Sensor de retroreflexión



**Figura 3.35:** Sensor de retro reflexión  
**Fuente:** Manual de Festo

- Distancia de funcionamiento: 10 – 700 mm.
- Alimentación: 24 V DC.

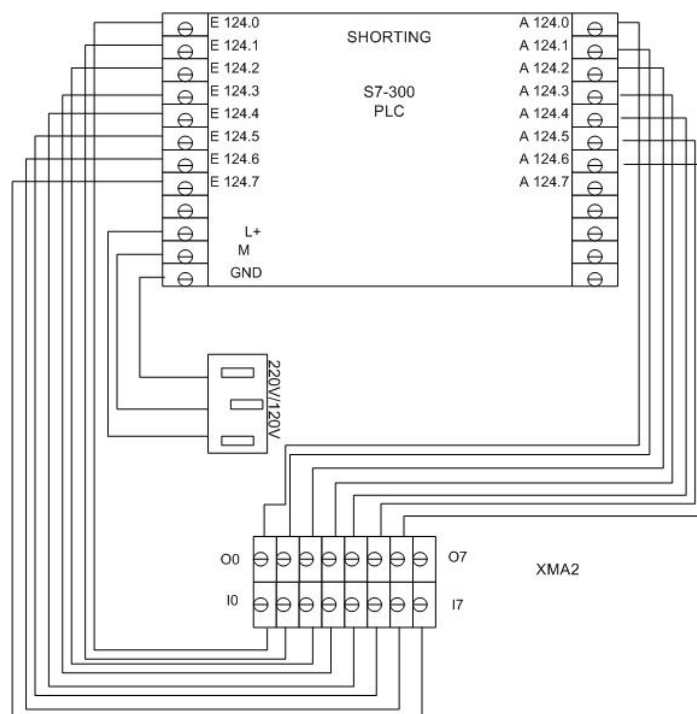
- Salida: PNP, contacto normalmente abierto/cerrado.
- Cable de conexión: 4 pines.

#### 3.2.4.12 Sensor inductivo



**Figura 3.36:** Sensor inductivo  
**Fuente:** Manual de Festo

#### 3.2.4.13 Diagrama eléctrico



**Figura 3.37:** Diagrama eléctrico  
**Fuente:** Autores

### 3.2.4.14 Tabla de direcciones de entradas y salidas

<b>ETIQUETA DEL SÍMBOLO</b>	<b>DIRECCIÓN</b>	<b>XMA2</b>	<b>COMENTARIO</b>
banda	A 124.0	O0	Enciende la banda
braso_uno	A 124.1	O1	Activa el primer vástago
braso_dos	A 124.2	O2	Activa el segundo vástago
piston	A 124.3	O3	Retrae el pistón
LED_START	A 125.0		Panel
LED_RESET	A 125.1		Panel
Q1	A 125.2		Panel
Q2	A 125.3		Panel
Q4	A 125.4		Panel
Q5	A 125.5		Panel
Q6	A 125.6		Panel
Q7	A 125.7		Panel
sen_existe	E 124.0	I0	Sensor óptico que censa la presencia de piezas en la banda
sen_inductivo	E 124.1	I1	Sensor que identifica piezas metálicas
sen_optico	E 124.2	I2	Sensor que discrimina piezas negras y



			de otro color
sen_lleno	E 124.3	I3	Sensor que verifica el paso a las rampas
sen_retraido1	E 124.4	I4	Sensor que verifica que el vástago esta retraído
sen_extendido1	E 124.5	I5	Sensor que verifica que el vástago está extendido
sen_retraido2	E 124.6	I6	Sensor que verifica que el vástago esta retraído
sen_extendido2	E 124.7	I7	Sensor que verifica que el vástago está extendido
start	E 125.0		Panel
stop	E 125.1		Negado
llaves	E 125.2		Panel
reset	E 125.3		Panel
I4	E 125.4		Panel
I5	E 125.5		Panel
I6	E 125.6		Panel
I7	E 125.7		Panel

**Tabla 3.4:** Diagrama eléctrico  
**Fuente:** Autores

### 3.2.5 ROBOT RV-2AJ

El RV2-AJ realiza movimientos con una carga de 2 Kilogramos.

Con la pinza orienta hacia la parte inferior o vista para abajo el RV2-AJ logra tener un alcance 410mm, este a su vez puede alcanzar una velocidad de 2.1mm/s en repetibilidad de 0.02mm.

El RV2-AJ posee motores servos de corriente alterna, con encoders para determinar la posición. (Helmich, 2006)



**Figura 3.38:** Brazo RV-2AJ  
**Fuente:** FESTO

Los beneficios de utilizar los encoders es que estos guardan la posición de los motores, con el objetivo de que al ser desconectados y luego alimentados nuevamente los motores se encuentren en la posición dejada o regresen a esa

posición.

#### **3.2.5.1 Comunicaciones**

El RV2-AJ tiene integrado un puerto de comunicación serial de la norma RS-232 para realizar cualquier tipo de transmisión serial, también contiene entradas digitales y analógicas con el objetivo de comunicar al robot con sensores y actuadores externos a este. (Helmich, 2006)

El RV2-AJ puede comunicarse mediante Ethernet haciendo uso de un adaptador.

#### **3.2.5.2 Conexiones**

El RV2-AJ posee conductos para la conexión de elementos neumáticos como son ventosas o pinzas, incluso se podría añadir sensores, al igual que pinzas electrónicas. (Helmich, 2006)

#### **3.2.5.3 Controlador que utiliza el robot (CR2-571)**

El controlador del RV2-AJ contiene una CPU de 64 bits, con la cual se podría ejecutar 32 programas en modo multitarea. Como ejemplo puede ser que el brazo se encuentra en movimiento y a la vez recepta señal de sensores. (Helmich, 2006)

#### **3.2.5.4 Definición de pinza neumática**

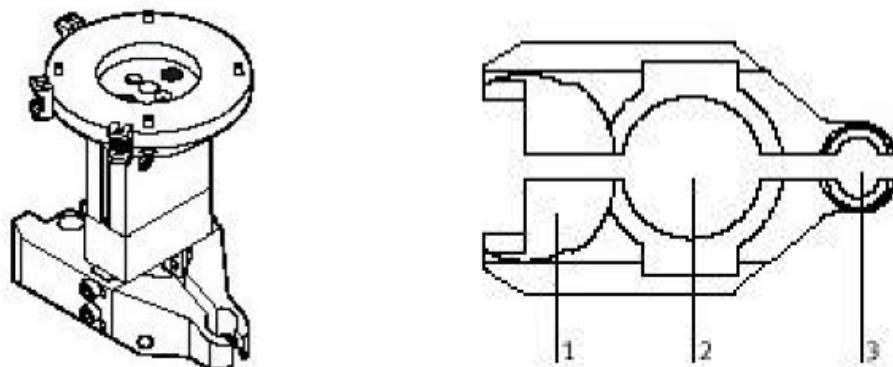
En robótica se puede definir los actuadores finales elementos como manos o algo parecido sujetado a la muñeca.

Los actuadores para brazos pueden ser:

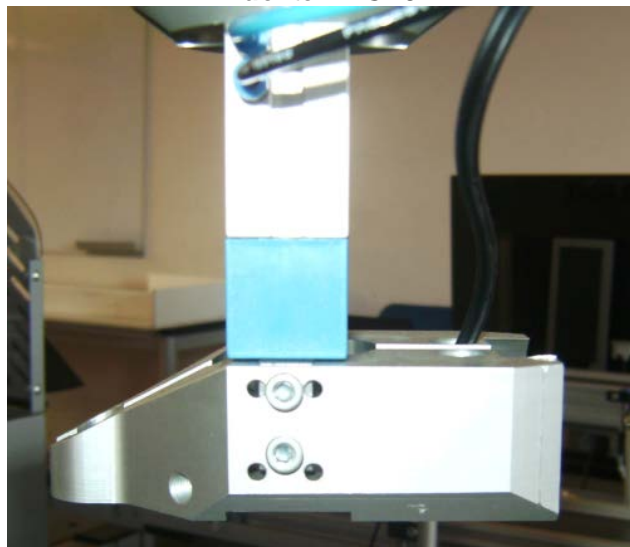
- Pinzas
- Herramientas

Las pinzas sirven para tomar objetos de un área de trabajo, existen métodos de sujeción en los cuales intervienen partes mecánicas como resortes, rodela, rodamientos, tornillos, piñones, etc.

El RV2-AJ contiene un actuador final como pinza neumática, que para capturar un objeto contiene tres posiciones. (Helmich, 2006)



**Figura 3.39:** Pinza de Brazo RV-2AJ  
**Fuente:** FESTO



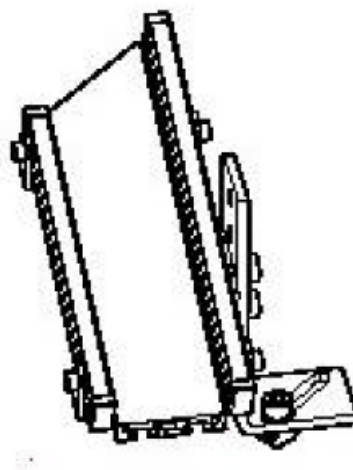
**Figura 3.40:** Pinza Brazo RV-2AJ  
**Fuente:** Autores



**Figura 3.41:** Pinza Brazo RV-2AJ  
**Fuente:** Autores

### 3.2.5.5 Módulo rampa

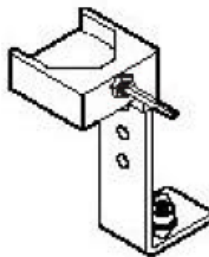
Almacena o transporta piezas.



**Figura 3.42:** Módulo rampa  
**Fuente:** FESTO

### 3.2.5.6 Módulo retenedor

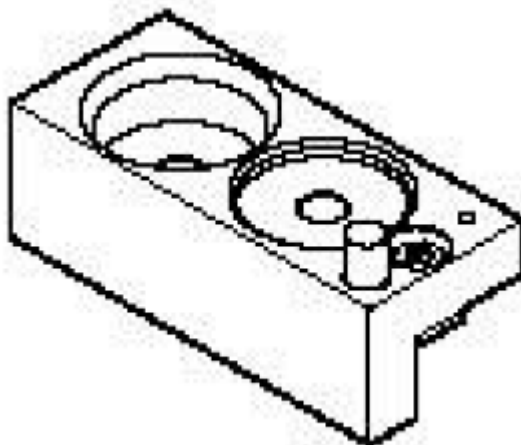
Posee un sensor óptico y detecta las piezas colocadas en su base.



**Figura 3.43:** Módulo retenedor  
**Fuente:** FESTO

### 3.2.5.7 Módulo de montaje

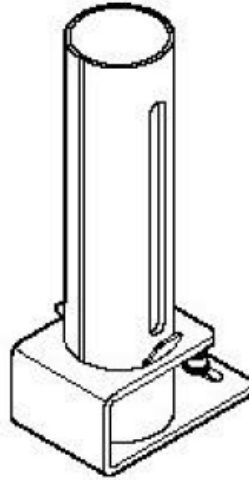
Es un módulo para detección de agujeros en las piezas, sirve para determinar el sentido de la pieza.



**Figura 3.44:** Módulo de montaje  
**Fuente:** FESTO

### 3.2.5.8 Módulo de almacén

Es un contenedor de piezas, soporta máximo 8 piezas.



**Figura 3.45:** Módulo de almacén  
**Fuente:** FESTO

### 3.2.6 REDES INDUSTRIALES

Las comunicaciones industriales están cubriendo casi todos los sectores desde las empresas manufactureras, de procesos, y de logística hasta las de automatización. (VICENTE GUERRERO, COMUNICACIONES INDUSTRIALES, 2006)

Éstas se están volviendo horizontales en el nivel de campo también como verticales a través de todos los niveles jerárquicos de las industrias.

Dependiendo de la aplicación y el precio se puede escoger entre diferentes sistemas de comunicación industrial como son: PROFIBUS, DEVICENET, ETHERNET, CONTROLNET los cuales ofrecen condiciones excelentes para poner en red todos los procesos de producción. (VICENTE GUERRERO, COMUNICACIONES INDUSTRIALES, 2006)

En el nivel de sensores y actuadores las señales binarias de los sensores y actuadores son transmitidas por medio de un bus diseñado para estos dispositivos. La interfase AS-I (Actuador sensor interfase) es un adecuado sistema de bus que usa cable UTP y que lleva las señales de potencia y datos sobre los 2 hilos de cable UTP. El único requerimiento es que no pueden tenderse metros de más de 100 metros. (VICENTE GUERRERO, COMUNICACIONES INDUSTRIALES, 2006)

En el nivel de campo los periféricos distribuidos tales como módulos de entrada salida, transductores, drivers, válvulas se comunican por medio de un eficiente sistema de comunicación que podría ser en tiempo real. La transmisión de los datos del proceso es realizada cíclicamente, mientras que los datos de diagnóstico o de control son los transmitidos asincrónicamente si es necesario.

En el nivel de celda (célula), los controladores programables tales como PLC y IPC (Computador personal industrial) se comunican unos con otros. El flujo de información requiere grandes paquetes de datos y un gran número de potentes funciones de comunicaciones. (VICENTE GUERRERO, COMUNICACIONES INDUSTRIALES, 2006)

En empresas grandes en extensión la integración de los sistemas de comunicación requiere de otros sistemas como Internet.

Con los buses de campo se puede afrontar la problemática industrial de procesos que conllevan demasiadas conexiones, falta de fiabilidad en el tratamiento de los datos y en algunas ocasiones, desperdicio de tiempo. Los buses de campo permiten realizar de forma distribuida la adquisición y el tratamiento de señales, y



en otros casos la integración de los datos pertinentes de los procesos independientes. Se observa que al hablar de sistemas de control distribuido implícitamente aparece el concepto de buses de campo, ya que todo sistema de control que supere una mínima complejidad está constituido por varios elementos de diferentes proveedores que se deben interconectar utilizando un medio físico de comunicación (bus) que responda a un estándar ampliamente aceptado por los diferentes proveedores. (VICENTE GUERRERO, COMUNICACIONES INDUSTRIALES, 2006)

En la industria moderna, las comunicaciones de datos entre diferentes sistemas, procesos e instalaciones suponen uno de los pilares fundamentales para que ésta se encuentre en un nivel de competitividad exigida en los procesos productivos actuales.

#### **3.2.6.1 Objetivo de incorporar un sistema de comunicaciones en una empresa**

Si una empresa necesita incorporar un sistema de comunicaciones integrado, podría obtener varios beneficios como:

- Reducción de costes de producción.
- La mejora de la calidad.
- La mejora de la productividad.
- La reducción del almacenaje.
- La mejora de la efectividad de sus sistemas.
- La reducción de los costes de mantenimiento.

### **3.2.6.2 Tipos de sistemas de control**

Se puede clasificar el tipo de control en dos dependiendo de los componentes que intervienen en el sistema o de la complejidad del mismo.

- Sistema centralizado: Es cuando el control se realiza por un solo sistema.
- Sistema distribuido: Cuando el control se realiza a través de diferentes sistemas conectados en red.

### **3.2.6.3 Transmisión de datos**

Existen dos sistemas, como son la transmisión serie o la transmisión paralelo.

### **3.2.6.4 Transmisión serie**

El tipo de transmisión serie tiene los siguientes aspectos:

- Los datos son transmitidos bit a bit, utilizando una única línea de comunicación.
- Es la forma clásica de transmitir los datos a larga distancia.
- Se utiliza cuando el volumen de información es relativamente pequeño.

Para este tipo de transmisión se necesita un canal de comunicación para el envío de los datos y una señal de reloj para la sincronización entre emisor y receptor.

### **3.2.6.5 Transmisión paralelo**

- La información se transmite carácter a carácter.
- Todos los bits del mismo carácter se envían simultáneamente.

- Necesita tantas líneas de información como bits tenga el carácter.
- Su empleo queda restringido a enlaces de corta longitud, de 15 a 20 metros como máximo.
- Es adecuado para una comunicación local.

Las aplicaciones que cubren las transmisiones paralelos son:

- Enlaces ordenador impresora.
- El bus IEEE-488 o bus GPIB, que a fin de cuentas no es más que un enlace paralelo destinado a comunicar aparatos de medida.

La velocidad de transferencia puede ser más elevada que en el tipo serie.

Para el envío de 8 bits, el enlace paralelo los puede enviar a la vez, mientras que el enlace serie tardaría 8 veces más tiempo.

Para este tipo de transmisión y comparando con el ejemplo de la transmisión serie, se necesitan ocho canales de comunicación para el envío de los datos y una señal de reloj para la sincronización entre emisor receptor. (VICENTE GUERRERO, COMUNICACIONES INDUSTRIALES, 2006)

#### **3.2.6.6 Tipos de sincronización en la transmisión de datos serie**

La sincronización de los diferentes equipos que intervienen en una red de comunicación serie se realiza a través de una señal de reloj. Para la configuración del reloj existen dos sistemas, que son el asíncrono y el síncrono. (VICENTE GUERRERO, COMUNICACIONES INDUSTRIALES, 2006)

### **3.2.6.7 Tipo de sincronización asíncrona**

Este sistema se basa en la necesidad de configurar de forma local los parámetros de comunicación en cada una de las estaciones participantes en la red. No existe una señal de reloj que una los diferentes equipos. (VICENTE GUERRERO, COMUNICACIONES INDUSTRIALES, 2006)

### **3.2.6.8 Tipo de sincronización síncrona**

En este sistema un equipo considerado como master es aquel que se encargará de dar los tiempos de reloj a los distintos esclavos.

## **3.2.7 REDES MPI (Interfaz Multipunto)**

### **3.2.7.1 Sistemas de bus integrado para el simatic s7-300**

Los diferentes sistemas de bus, se introducen en el SIMATIC S7-300 como los que se detallan a continuación:

### **3.2.7.2 Interfase multipunto**

Conocido como MPI se desarrolló principalmente como una interfase de programación, que además brinda las opciones de trabajar como una internas HMI, también como medio de comunicación entre controladores lógicos programables. (VICENTE GUERRERO, COMUNICACIONES INDUSTRIALES, 2006)

### **3.2.7.3 AS-interfase**

La red AS-I que sus siglas son interfase sensor y actuador trabaja en el nivel más bajo de los niveles de redes industriales el cual es el nivel de campo, ver figura 3.46

### **3.2.7.4 Profibus**

PROFIBUS es un bus que trabaja en el nivel de campo que no puede tener muchos nodos.

PROFIBUS tiene diferentes perfiles de protocolos que pueden operar de forma conjunta.

### **3.2.7.5 Profibus-fms (Especificación de Mensajes de Campo)**

Trabaja en células pequeñas y con elementos de campo que posean internas fms.

### **3.2.7.6 Profibus-dp (Periferia Distribuida)**

Maneja entradas y salidas en el nivel de campo todas estas distribuidas como puede ser módulos expansibles de entrada y salidas digitales.

### **3.2.7.7 Profibus-pa (Automatización de Procesos)**

·Profibus Pa transmite los mismos datos de Profibus DP, puede integrar ambos dispositivos, lo que cambia entre Profibus DP y PA es la velocidad y el soporte físico que tiene.

### **3.2.7.8 La interfaz multipunto**

Este sistema es una interfaz para SIMATIC S7 que se encuentra disponible en cada uno de ellos. La ventaja de MPI ante PROFIBUS es que MPI es de Siemens y ningún otro producto que no sea Siemens puede conectarse.

### **3.2.7.9 Datos técnicos sobre la red MPI**

Puede conectarse con elementos de programación/PCs a través de STEP 7 como software, sistemas HMI con las diferentes gamas de PLC's.

Puede utilizarse para uniones simples en redes y permite las siguientes formas de comunicación:

- Utilizando Datos Globales.
- Puede ejecutarse una programación y diagnosis de errores.

Características de red MPI:

- Máximo de 32 equipos.
- Máximo de 8 conexiones de transmisión dinámica.
- Máximo de 4 conexiones de transmisión estática.
- Velocidad 187,5 kbit/s hasta 12Mbit/s.
- Máxima longitud de cable 10km.
- Interfase soportable RS-485.

#### **3.2.7.10 Configuración de una red MPI (Interfaz Multipunto)**

Puede realizarse la interconexión de hasta 32 equipos con la posibilidad de ser monitorizados, hay que tener en cuenta que cada módulo tiene su propia dirección MPI, con lo que este llegaría a ser un nodo más.

Cada nodo tiene su propia dirección la cual debe estar en los rangos de 0 a 31.

La red MPI utiliza los siguientes puntos:

- Cable de dos hilos apantallado.
- Longitud de cable 50 metros medidos desde el nodo uno hasta el que sea el último.
- Para distancias mayores se hace uso de repetidores.
- Se puede colocar hasta diez repetidores en fila.

En una red PROFIBUS se usa los mismos componentes que una red MPI.

Se puede estructurar la red en forma de línea y de árbol con la utilización de repetidores.

#### **3.2.8 RED PROFIBUS**

Con la idea de generar un bus de campo abierto y transparente que fuera válido para que diferentes fabricantes pudiesen unir en una misma red distintos dispositivos de automatización, nació PROFIBUS. Su creación fue producida por diferentes empresas y algunas universidades y finalmente derivó en la norma

estándar EN 50170 e IEC 61158. (VICENTE GUERRERO, COMUNICACIONES INDUSTRIALES, 2006)

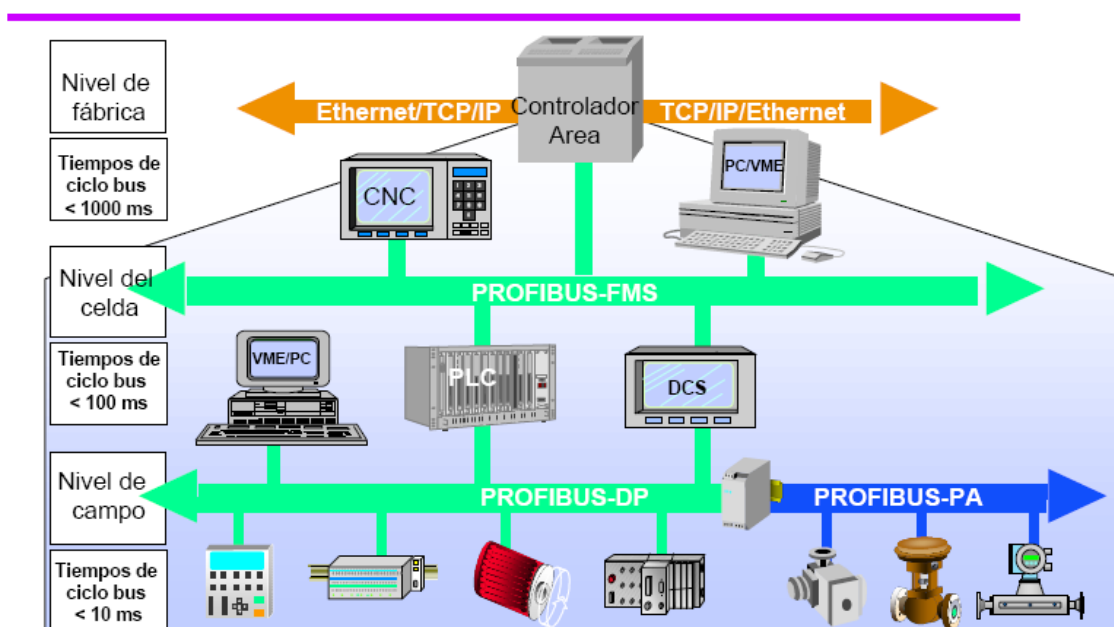
PROFIBUS es uno de los buses con mayor implantación tanto a nivel europeo como mundial y ha sido desarrollado sobre la base del modelo ISO/OSI para servicio de comunicación de datos.

Existen tres perfiles distintos de PROFIBUS, como son:

- PROFIBUS FMS (FIELDBUS MESSAGE SPECIFICATION): Está implementado en nivel 7 del modelo OSI, su aplicación es la transferencia de gran volumen de datos entre diferentes dispositivos inteligentes conectados en una misma red. Hoy en día, con el uso creciente de Ethernet y TCP/IP va regalando este perfil a un segundo plano. El sistema está basado en una estructura Cliente – Servidor. (VICENTE GUERRERO, COMUNICACIONES INDUSTRIALES, 2006)
- PROFIBUS DP (DISTRIBUTED PERIPHERAL): Su aplicación está basada en el intercambio a gran velocidad de un volumen medio de información entre un controlador, que hace las funciones de maestro, y diferentes controladores o diferentes periféricos, como son autómatas programables, módulos de E/S, convertidores de frecuencia, paneles de visualización, etc., que actúan como dispositivos esclavos, distribuidos por el proceso y conectados a una misma red de comunicación. PROFIBUS DP trabaja dentro de los niveles 1 y 2 del modelo OSI y bajo las especificaciones de la norma física RS-485. (VICENTE GUERRERO, COMUNICACIONES INDUSTRIALES, 2006)



- PROFIBUS PA (PROCESS AUTOMATION): Es un caso ampliado de PROFIBUS DP, diseñado para trabajar en los ámbitos de control de procesos, es decir, en zonas denominadas “Ex” de seguridad intrínseca. Este perfil sigue lo enunciado en la norma IEC 1158-2. (VICENTE GUERRERO, COMUNICACIONES INDUSTRIALES, 2006)



**Figura 3.46:** Niveles de redes industriales  
**Fuente:** Comunicaciones industriales

Además de estos perfiles, Siemens ofrece otros dos tipos que son válidos únicamente para sus productos; por tanto, se dice que son estándar y que no siguen lo anunciado en ninguna norma internacional, por lo que no es posible la interconexión con equipos de otros fabricantes. Estos otros tipos son:

- Enlaces S7: Aplicados a la configuración fácil y rápida de redes con equipos únicamente Siemens S7.
- PROFIBUS FDL: Aplicados a la configuración de redes con equipos de la gama S7 y S5, también son conocidos como enlaces AG-AG.

### **3.2.8.1 Características generales**

- Cable a dos hilos apantallado.
- Red de fibra óptica.
- Red de transmisión inalámbrica mediante infrarrojos.
- La velocidad de una red puede ser desde 9.6Kbit/s a 12Mbit/s.
- Se puede conectar a la red un máximo de 127 estaciones, y de éstas no puede haber más de 32 estaciones activas.

### **3.2.8.2 Categorías**

Cabe distinguir dos categorías distintas de maestros y una de esclavo, como son:

- DPM1: Maestro DP de clase 1. Tiene asignadas las funciones de control sobre sus esclavos conectados en su red. Normalmente son autómatas programables u ordenadores.
- DPM2: Maestro DP de clase 2. Son estaciones cuyas funciones son las de configuración y diagnóstico. Normalmente son terminales de operador o unidades específicas de programación y configuración.
- Esclavo DP: Es una unidad de periferia que realiza la lectura de las entradas, normalmente dispositivos de mando y detección, y envía información a las salidas que a él se encuentran conectadas, normalmente dispositivos de accionamiento.

### **3.2.8.3 Transmisión de datos**

El bus DP utiliza dos sistemas que son:

- Token.
- Maestro – esclavo.

### **3.2.9 RED INDUSTRIAL ETHERNET**

Ethernet es un sistema para transmitir información entre dos o más dispositivos empleando un medio compartido. Especifica el medio utilizado, la señal que se utiliza y la forma que la información debe tener. Desarrollada por Digital, Intel y Xerox en los 70's. Ethernet se convirtió en estándar del IEEE en 1985. La inmensa mayoría de las LAN se basan en Ethernet.

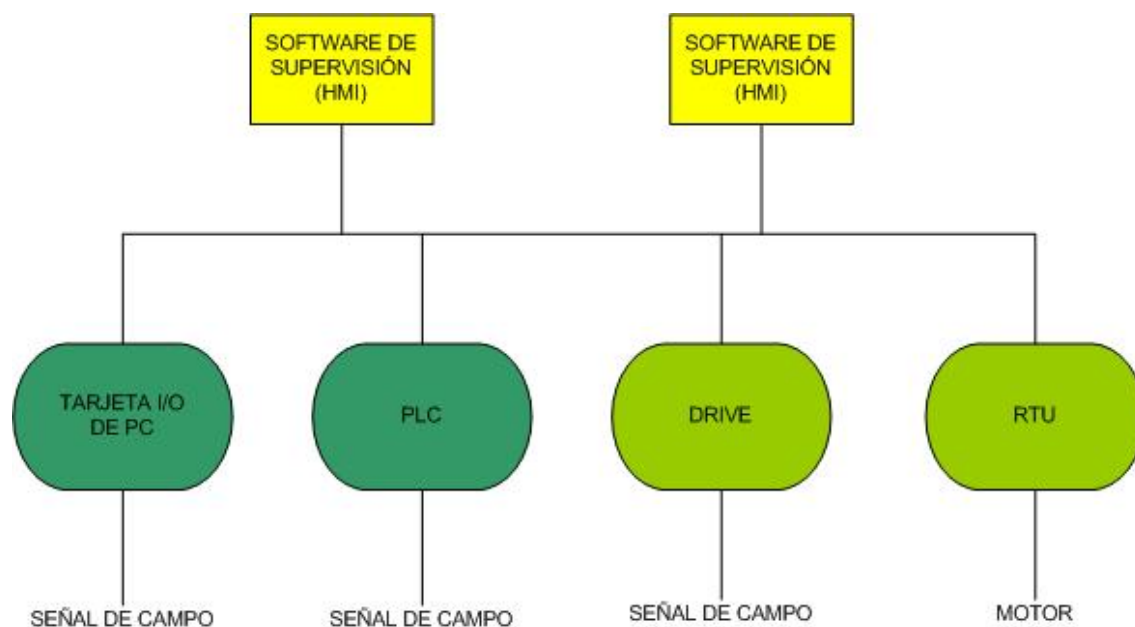
Industrial Ethernet para soluciones eficientes de automatización dispones de una potente red de área y célula según el estándar IEE 802.3 (Ethernet) y 802.11 (Wireless LAN).

Este sistema permite crear potentes redes de comunicación de gran extensión. Las múltiples posibilidades de intranet, extranet e Internet que se encuentra en el ámbito de oficina también se puede aprovecharlas en la automatización de procesos y manufacturera. (VICENTE GUERRERO, COMUNICACIONES INDUSTRIALES, 2006)

### 3.2.10 HMI (Interfaz Hombre – Máquina)

La sigla HMI viene de la abreviación de Interfaz Hombre Máquina. Los sistemas HMI pueden ser pensados como una ventana de proceso. Esta ventana puede estar en dispositivos especiales como paneles de operador en una computadora.

Los sistemas HMI en computadores son conocidos como software HMI o de monitoreo y control de supervisión. Las señales del proceso son conducidas al HMI por medio de dispositivos como tarjetas de entrada/salidas en la computadora, PLC (Controlador lógico programable), RTU (Unidades remotas de Entrada/Salida) o DRIVE's (Variadores de velocidad de motores), todos estos deben tener una comunicación que entienda el HMI.



**Figura 3.47:** Software de supervisión  
**Fuente:** Autores

### **3.2.10.1 Tipos de HMI (Interfaz Hombre – Máquina)**

#### **3.2.10.1.1 *Desarrollos a medida***

Son desarrollados en un entorno de programación gráfica como visual Basic, Delphi, java, etc.

#### **3.2.10.1.2 *Paquetes enlatados*<sup>3</sup>HMI (Interfaz Hombre – Máquina)**

Son paquetes de software que tienen la mayor parte de las funciones de un sistema SCADA como WinCC, WinCC Flexible.

### **3.2.10.2 Funciones de software HMI (Interfaz Hombre – Máquina)**

#### **3.2.10.2.1 *Monitoreo***

Es obtener y mostrar datos de la planta en tiempo real, datos que pueden ser mostrados mediante números, textos o gráficos que permitan una lectura mucho más fácil de interpretar.

#### **3.2.10.2.2 *Supervisión***

Ajusta las condiciones de trabajo desde la computadora o un panel.

### **3.2.10.3 Tareas de un HMI (Interfaz Hombre – Máquina)**

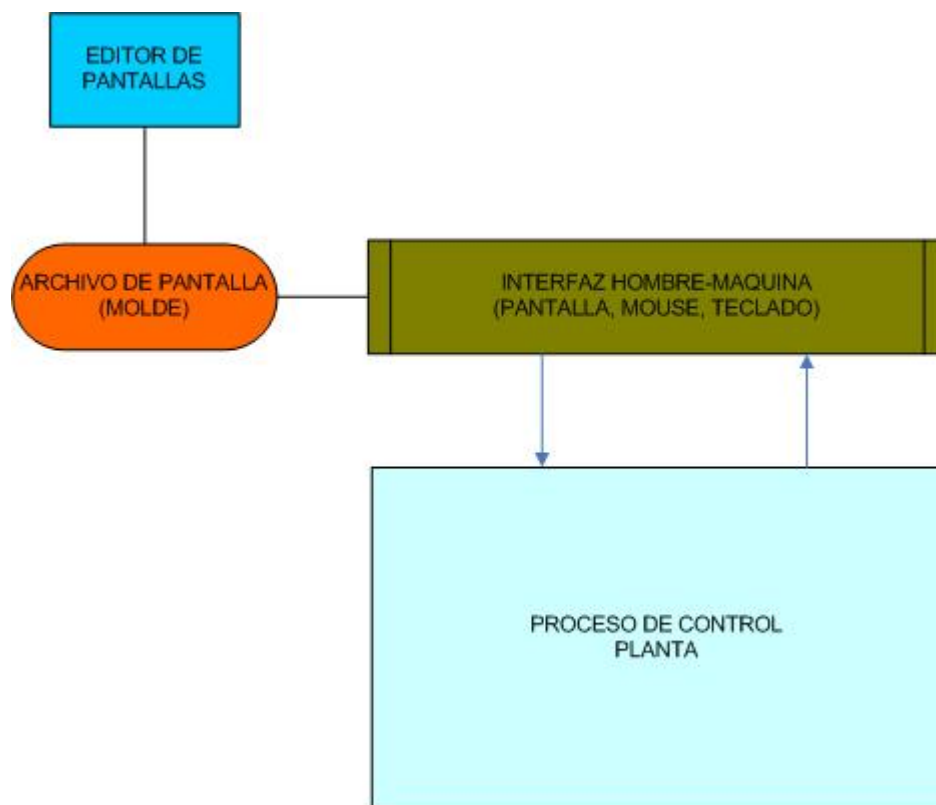
- Almacenar los valores de las variables para sacar cuadros estadísticos.

---

<sup>3</sup> Son paquetes de software que contemplan la mayoría de las funciones estándares de los sistemas

- Permitir que el operador pueda enviar señales al proceso, mediante botones, controles ON/OFF, ajustes continuos con Mouse o teclado, o pantalla Touch.
- Supervisar niveles de alarma y alertar sobre la misma.

#### 3.2.10.4 Estructura general de un HMI (Interfaz Hombre – Máquina)



**Figura 3.48:** Estructura de un HMI

**Fuente:** Autores

#### 3.2.10.5 SCADA (Sistema de adquisición de datos)

SCADA es un paquete de software que se diseña para dar órdenes a los ordenadores en control de producción, permitiendo la comunicación con dispositivos de campo como son los PLC's.

Este provee también información de todo el proceso a varios usuarios haciendo uso de una red local.

#### **3.2.10.6 Módulos de un sistema SCADA (Sistema de adquisición de datos)**

- Configuración: explica en que se quiere desarrollar el SCADA.
- Interfaz gráfico del operador: da al operador las funciones de monitoreo de la planta.
- Módulo de proceso: realiza las acciones programadas dependiendo de los datos de las variables medidas.
- Gestión y archivo de datos: almacena los datos para que sean leídos desde otra aplicación.
- Comunicaciones: transmisión de datos entre la planta y el sistema SCADA.

## CAPÍTULO 4

### PRUEBAS Y RESULTADOS

#### 4.1 CONFIABILIDAD

Para determinar la validez de los cuestionarios se realizaron dos tipos de test de confiabilidad:

- Método Cronbach.
- Método de las mitades partidas.

Para aplicar cada método se escogió uno de los test que se encuentran en las guías desarrolladas:

- Red Profibus el ejercicio número 2 ítems 1, 2, 3 y 4.

Este test fue tomado a 4 estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana Campus Sur de la Carrera de Electrónica los cuales obtuvieron los datos que se muestran en la tabla.

ITEMS	I	II	III	IV
<b>SUJETOS</b>				
ISRAEL ZUMBA	2	2	2	2
JOSE BUCHELI	3	3	3	3
SANTIAGO VILLACRES	3	2	3	3
CHICAIZA ARMANDO	3	2	2	3

**Tabla 4.1:** Alumnos y notas de cuestionario

**Fuente:** Autores

Cada uno de los ítems de este ejercicio fue calificado sobre 3 puntos.



### 4.1.1 CRONBACH

La fórmula de Cronbach para determinar la confiabilidad del test.

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left[ 1 - \frac{\sum S_i^2}{S_T^2} \right]$$

**Ecuación 4.1:** Cronbach

**Fuente:** Validez y confiabilidad de los instrumentos

Al aplicar la fórmula se tienen los siguientes datos:

ITEMS	I	II	III	IV	Sumatoria de items
<b>SUJETOS</b>					
ISRAEL ZUMBA	2	2	2	2	8
JOSE BUCHELI	3	3	3	3	12
SANTIAGO VILLACRES	3	2	3	3	11
CHICAIZA ARMANDO	3	2	2	3	10

<b>Varianza de la población:</b>	0,1875	0,1875	0,25	0,1875	2,1875
----------------------------------	--------	--------	------	--------	--------

<b>Sumatoria de varianza i:</b>	0,8125
---------------------------------	--------

<b>Número de items:</b>	4
-------------------------	---

<b>Fórmula:</b>	0,83809524
-----------------	------------

**Tabla 4.2:** Cálculo método Cronbach  
**Fuente:** Autores

Como se puede observar el resultado en la celda fórmula es el resultado de aplicar el método de Cronbach el cual dice que mientras el alfa se acerca mas al valor de 0.9 se tiene una confiabilidad más alta, en el caso de que baje del 0.7 no se tiene una buena confiabilidad, si el alfa llegara a pasar los 0.9 significa que se está redundando en información en el test. Como el coeficiente de Cronbach da un valor 0,83 en nivel de confiabilidad es aceptable.

#### 4.1.2 MITADES PARTIDAS

Este método consta en separar los ítems en 2 grupos pares e impares, luego de esto ver la correlación existente entre ellos.

ITEMS	I	II	III	IV	MITAD A	MITAD B	AB	A2	B2
<b>SUJETOS</b>									
ISRAEL ZUMBA	2	2	2	2	4	4	16	16	16
JOSE BUCHELI	3	3	3	3	6	6	36	36	36
SANTIAGO VILLACRES	3	2	3	3	6	5	30	36	25
CHICAIZA ARMANDO	3	2	2	3	5	5	25	25	25
	<b>S</b>				21	20	107	113	102

**Tabla 4.3:** Método mitades  
**Fuente:** Autores

Numero de test: 4  
n(Sumatoria AB): 428  
Sumatoria (A)\* Sumatoria(B): 420

NUMERADOR: 8

n(Sumatoria A2) (1): 452  
Sumatoria A al cuadrado(2): 441

Resta (1) - (2): 11

n(Sumatoria B2) (1): 408  
Sumatoria B al cuadrado(2): 400

Resta (1) - (2): 8

Indice de correlación de 0,85280287

Pearson  
Corrección según Spearman -  
Brown: 0,92055435

**Tabla 4.4:** Operación mitades

**Fuente:** Autores

La correlación viene dada por la fórmula:

$$r = \frac{n(\sum AB) - (\sum A)(\sum B)}{\sqrt{[n(\sum A^2) - (\sum A)^2][n(\sum B^2) - (\sum B)^2]}}$$

**Ecuación 4.2:** Correlación

**Fuente:** Validez y confiabilidad de los instrumentos

Para la corrección de r se utiliza el método Spearman-Brown:

$$R = \frac{2r}{1+r}$$

**Ecuación 4.3:** Spearman-Brown

**Fuente:** Validez y confiabilidad de los instrumentos

Ya que la correlación (R) es de 0,92 se denota en este caso que tiene un nivel aceptable ya que (R) se acerca a 1.

## 4.2 COMPARACIÓN ENTRE LOS GRUPOS DE CONTROL Y EXPERIMENTAL

Se ha decidido trabajar con 2 grupos en este caso un grupo utilizará las guías desarrolladas y otro grupo trabajará sin las guías.

Para determinar la población a la cual le servirá la guía se redujo a los siguientes alumnos:

- Alumnos de la carrera de electrónica.
- Alumnos que cursen por los niveles séptimo y octavo.
- No importa modalidad de estudio matutino o vespertino.

Se toma como cantidad de alumnos en cada curso:

Séptimo= 40

Octavo=40

Como se tienen modalidades de tipo matutino y vespertino sería esto por dos para cada uno y la suma de estos, dándonos un total de 160 alumnos para formar la población.

Para el cálculo de la proporción de la muestra utilizamos la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2 P(1 - P)^2}{E^2}$$

**Ecuación 4.4:** Tamaño de la muestra

**Fuente:** Validez y confiabilidad de los instrumentos

n = tamaño necesario de la muestra.

Z = número de unidades de desviación estándar en la distribución normal, que producirá el grado deseado de confianza (para una confianza del 95%, Z = 1.96; para una confianza del 99%, Z = 2.58).

P = proporción de la población que posee la característica de interés.

E = error

En los datos se tiene lo siguiente:

Tamaño de la población	160
Desviación Estándar	1,4142
Error Permisible	0,5
Nivel de Confianza	55%
Valor z	0,755
Error estándar de la media muestral	0,6619
Tamaño de la muestra	

**Tabla 4.5:** Tamaño de muestra  
**Fuente:** Autores

Se determina una muestra de 5 alumnos para el grupo de control y 5 alumnos para el grupo experimental que nos dará un nivel de confianza del 55% y un margen de error de 0.5.

Para la aplicación de las guías se realizaron dos cursos uno para el grupo de control y otro para el grupo experimental, los cursos fueron dados en dos horarios el grupo de experimental fue en la mañana y el grupo de control fue en la tarde.

Para quedarse simplemente con la muestra de 5 alumnos en el grupo experimental no se aplicó ningún método probabilístico ya que los presentes eran solo 5.

Para el grupo de control, que fue en la tarde, se presentaron un total de 14 alumnos para lo cual se escogieron cinco, utilizando método no probabilístico ya que se escogieron según el nivel y el manejo de temas que incluyen en las guías. Es decir se vio que cumplan con requisitos previos para el curso con lo cual se quedaron 5 alumnos.

#### **4.2.1 MUESTRA GRUPO DE CONTROL**

##### **NOMBRES**

CHECA VARGAS  
GUAMAN MARIO  
MORALES CRISTIAN  
SANCHEZ ALEXANDER  
GUERRERO SEBASTIAN

**Tabla 4.6:** Nombres grupo control  
**Fuente:** Autores

#### 4.2.2 MUESTRA GRUPO EXPERIMENTAL

##### NOMBRES

ISRAEL ZUMBA  
JOSE BUCHELI  
SANTIAGO VILLACRES  
CHICAIZA ARMANDO  
DANILO SIGCHA TIPAN

**Tabla 4.7:** Nombres grupo experimental

**Fuente:** Autores

#### 4.2.3 CALIFICACIONES GRUPO DE CONTROL PARTE TEÓRICA

NOMBRES	ASI	ETHERNET	PROFIBUS	MPI
CHECA VARGAS	14	16	16	17
GUAMAN MARIO	15	17	16	17
MORALES CRISTIAN	15	15	17	16
SANCHEZ ALEXANDER	17	16	16	17
GUERRERO SEBASTIAN	18	16	17	15

**Tabla 4.8:** Notas grupo control parte teórica

**Fuente:** Autores

#### 4.2.4 CALIFICACIONES GRUPO DE CONTROL PARTE PRÁCTICA

NOMBRES	ASI	ETHERNET	PROFIBUS	MPI
CHECA VARGAS	15	13	16	18
GUAMAN MARIO	16	17	16	17
MORALES CRISTIAN	16	16	18	18
SANCHEZ ALEXANDER	15	17	18	16
GUERRERO SEBASTIAN	18	15	17	16

**Tabla 4.9:** Notas grupo control parte práctica

**Fuente:** Autores

#### 4.2.4 CALIFICACIONES GRUPO EXPERIMENTAL PARTE TEÓRICA

NOMBRES	ASI	ETHERNET	PROFIBUS	MPI
ISRAEL ZUMBA	18	18	18	18
JOSE BUCHELI	19	19	19	19
SANTIAGO VILLACRES	20	19	19	20
CHICAIZA ARMANDO	19	19	19	19
DANILO SIGCHA TIPAN	19	19	19	19

**Tabla 4.10:** Notas grupo experimental parte teórica

**Fuente:** Autores

#### 4.2.5 CALIFICACIONES GRUPO EXPERIMENTAL PARTE PRÁCTICA

NOMBRES	ASI	ETHERNET	PROFIBUS	MPI
ISRAEL ZUMBA	18	18	18	18
JOSE BUCHELI	19	20	20	20
SANTIAGO VILLACRES	20	20	20	20
CHICAIZA ARMANDO	19	19	20	20
DANILO SIGCHA TIPAN	19	20	20	19

**Tabla 4.11:** Notas grupo experimental parte práctica

**Fuente:** Autores

#### 4.3 RESULTADOS DE LOS CUESTIONARIOS

Se analizaron las notas obtenidas por los alumnos de cada grupo en cada una de las guías tomadas, para lo cual se obtuvo la media de cada uno de los grupos, la varianza y el error que se puede tener en los alumnos con el uso de guías y sin ellas.

##### 4.3.1 DATOS PARTE TEÓRICA

NOMBRES	ASI	ETHERNET	PROFIBUS	MPI
ISRAEL ZUMBA	18	18	18	18
JOSE BUCHELI	19	19	19	19
SANTIAGO VILLACRES	20	19	19	20
CHICAIZA ARMANDO	19	19	19	19
DANILO SIGCHA TIPAN	19	19	19	19
<b>MEDIA</b>	19	18,8	18,8	19
<b>VARIANZA</b>	0,63245553	0,4	0,4	0,63245553
<b>ERROR TÍPICO DE MEDIA</b>	0,28284271	0,17888544	0,17888544	0,28284271

**Tabla 4.12:** Cálculo media, varianza y error Grupo experimental

**Fuente:** Autores

NOMBRES	ASI	ETHERNET	PROFIBUS	MPI
CHECA VARGAS	14	16	16	17
GUAMAN MARIO	15	17	16	17
MORALES CRISTIAN	15	15	17	16
SANCHEZ ALEXANDER	17	16	16	17
GUERRERO SEBASTIAN	18	16	17	15
<b>MEDIA</b>	15,8	16	16,4	16,4
<b>VARIANZA</b>	1,46969385	0,63245553	0,48989795	0,8
<b>ERROR TÍPICO DE MEDIA</b>	0,65726707	0,28284271	0,21908902	0,35777088

**Tabla 4.13:** Cálculo media, varianza y error Grupo control

**Fuente:** Autores

### 4.3.2 DATOS PARTE PRÁCTICA

NOMBRES	ASI	ETHERNET	PROFIBUS	MPI
ISRAEL ZUMBA	18	18	18	18
JOSE BUCHELI	19	20	20	20
SANTIAGO VILLACRES	20	20	20	20
CHICAIZA ARMANDO	19	19	20	20
DANILO SIGCHA TIPAN	19	20	20	19
<b>MEDIA</b>	19	19,4	19,6	19,4
<b>VARIANZA</b>	0,63245553	0,8	0,8	0,8
<b>ERROR TÍPICO DE MEDIA</b>	0,28284271	0,35777088	0,35777088	0,35777088

**Tabla 4.14:** Cálculo media, varianza y error Grupo experimental

**Fuente:** Autores

NOMBRES	ASI	ETHERNET	PROFIBUS	MPI
CHECA VARGAS	15	13	16	18
GUAMAN MARIO	16	17	16	17
MORALES CRISTIAN	16	16	18	18
SANCHEZ ALEXANDER	15	17	18	16
GUERRERO SEBASTIAN	18	15	17	16
<b>MEDIA</b>	16	15,6	17	17
<b>VARIANZA</b>	1,09544512	1,49666295	0,89442719	0,89442719
<b>ERROR TÍPICO DE MEDIA</b>	0,48989795	0,66932802	0,4	0,4

**Tabla 4.15:** Cálculo media, varianza y error Grupo de control

**Fuente:** Autores

### 4.3.3 TRADUCCIÓN DE RESULTADOS

#### 4.3.3.1 Análisis de red AS-I

La media de cada grupo difiere. El grupo que utilizó la guía de aprendizaje tiene una media superior de 19 aciertos de 20 posibles. El grupo de control que “no” utilizó la guía de aprendizaje tuvo una media inferior de 15.8 aciertos de 20 posibles.

Lo anterior señala claramente que se obtuvo diferencia entre las medias por el simple hecho de haber colocado una variable adicional al grupo experimental.



Por su parte, la desviación típica (cuadrática) del grupo experimental, tomo un valor igual a 0.63 aciertos alrededor de la media del grupo, las notas medias de cada alumno, están más cercanas uno de otra, es decir las notas son muy homogéneas tal que, las notas están en  $\pm 0.63$  aciertos alrededor de la media, dando un grado de aprendizaje más uniforme en cada alumno del grupo experimental.

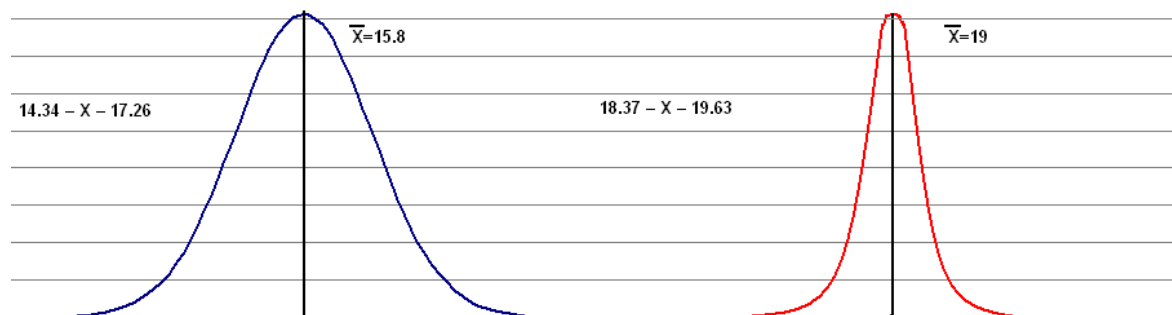
Los intervalos para la media de aciertos en test de conocimientos son:

Media de grupo experimental  $19 \pm 0.63$

Como intervalo  $18.37 - X - 19.63$

Media de Grupo control  $15.8 \pm 1.46$

Como intervalo  $14.34 - X - 17.26$



**Figura 4.1:** Intervalo de medias  
**Fuente:** Autores

Los intervalos muestran claramente que el grupo experimental tiene un rango de aciertos superior al grupo control.

#### 4.3.3.2 Análisis de red ETHERNET

La media de cada grupo difiere. El grupo que utilizó la guía de aprendizaje tiene una media superior de 18.8 aciertos de 20 posibles. El grupo control que “no” utilizó la guía de aprendizaje tuvo una media inferior de 16 aciertos de 20 posibles.

Lo anterior señala claramente que se obtuvo diferencia entre las medias por el simple hecho de haber colocado una variable adicional al grupo experimental.

Por su parte, la desviación típica (cuadrática) del grupo experimental, tomo un valor igual a 0.4 aciertos alrededor de la media del grupo, las notas medias de cada alumno, están más cercanas uno de otra, es decir las notas son muy homogéneas tal que, las notas están en  $\pm 0.4$  aciertos alrededor de la media, dando un grado de aprendizaje más uniforme en cada alumno del grupo experimental.

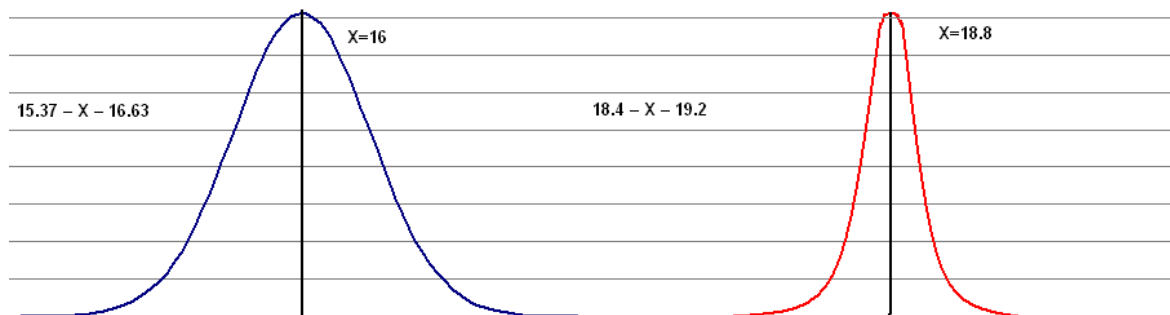
Los intervalos para la media de aciertos en test de conocimientos son:

Media de grupo experimental  $18.8 \pm 0.4$

Como intervalo  $18.4 - X - 19.2$

Media de Grupo control  $16 \pm 0.63$

Como intervalo  $15.37 - X - 16.63$



**Figura 4.2:** Intervalo de medias

**Fuente:** Autores

Los intervalos muestran claramente que el grupo experimental tiene un rango de aciertos superior al grupo control.

#### 4.3.3.3 Análisis de red PROFIBUS

La media de cada grupo difiere. El grupo que utilizó la guía de aprendizaje tiene una media superior de 18.8 aciertos de 20 posibles. El grupo control que “no” utilizó la guía de aprendizaje tuvo una media inferior de 16.4 aciertos de 20 posibles.

Lo anterior señala claramente que se obtuvo diferencia entre las medias por el simple hecho de haber colocado una variable adicional al grupo experimental.

Por su parte, la desviación típica (cuadrática) del grupo experimental, tomo un valor igual a 0.4 aciertos alrededor de la media del grupo, las notas medias de cada alumno, están más cercanas uno de otra, es decir las notas son muy homogéneas tal que, las notas están en  $\pm 0.4$  aciertos alrededor de la media, dando un grado de aprendizaje más uniforme en cada alumno del grupo experimental.

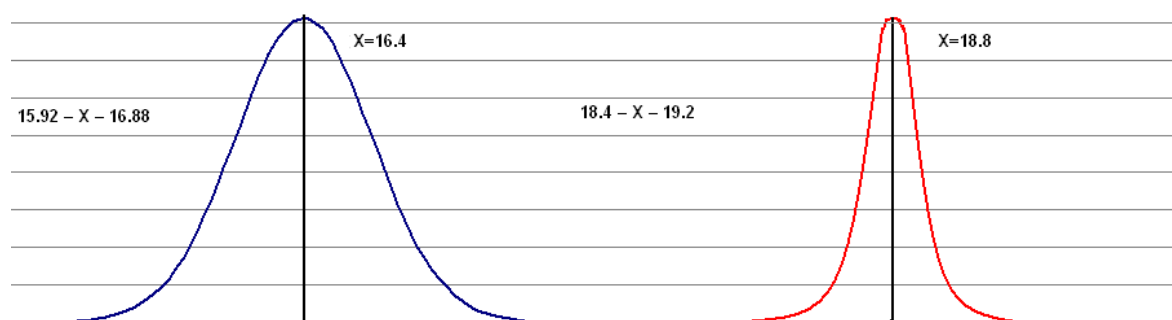
Los intervalos para la media de aciertos en test de conocimientos son:

Media de grupo experimental  $18.8 \pm 0.4$

Como intervalo  $18.4 - X - 19.2$

Media de Grupo control  $16.4 \pm 0.48$

Como intervalo  $15.92 - X - 16.88$



**Figura 4.3:** Intervalo de medias  
**Fuente:** Autores

Los intervalos muestran claramente que el grupo experimental tiene un rango de aciertos superior al grupo control.

#### 4.3.3.4 Análisis de red MPI

La media de cada grupo difiere. El grupo que utilizó la guía de aprendizaje tiene una media superior de 19 aciertos de 20 posibles. El grupo control que “no” utilizó la guía de aprendizaje tuvo una media inferior de 16.4 aciertos de 20 posibles.

Lo anterior señala claramente que se obtuvo diferencia entre las medias por el simple hecho de haber colocado una variable adicional al grupo experimental.

Por su parte, la desviación típica (cuadrática) del grupo experimental, tomo un valor igual a 0.63 aciertos alrededor de la media del grupo, las notas medias de cada alumno, están más cercanas uno de otra, es decir las notas son muy homogéneas tal que, las notas están en  $\pm 0.63$  aciertos alrededor de la media, dando un grado de aprendizaje más uniforme en cada alumno del grupo experimental.

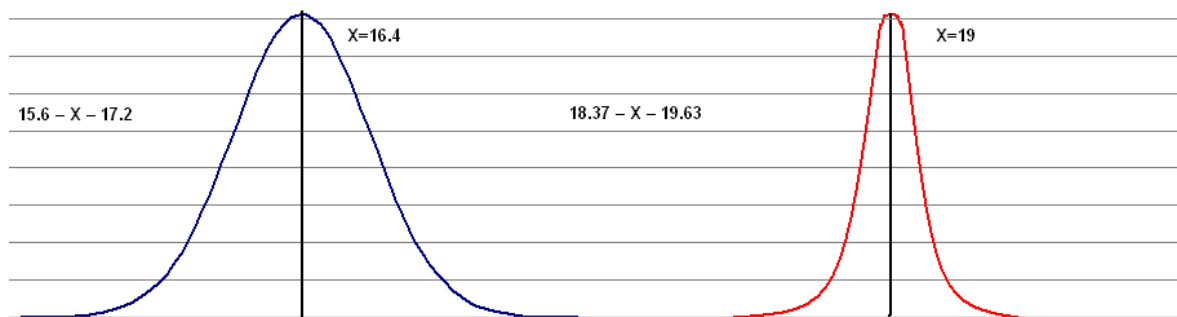
Los intervalos para la media de aciertos en test de conocimientos son:

Media de grupo experimental  $19 \pm 0.63$

Como intervalo  $18.37 - X - 19.63$

Media de Grupo control  $16.4 \pm 0.8$

Como intervalo  $15.6 - X - 17.2$



**Figura 4.4:** Intervalo de medias  
**Fuente:** Autores

Los intervalos muestran claramente que el grupo experimental tiene un rango de aciertos superior al grupo control.

#### 4.3.3.5 Análisis de red AS-I práctica

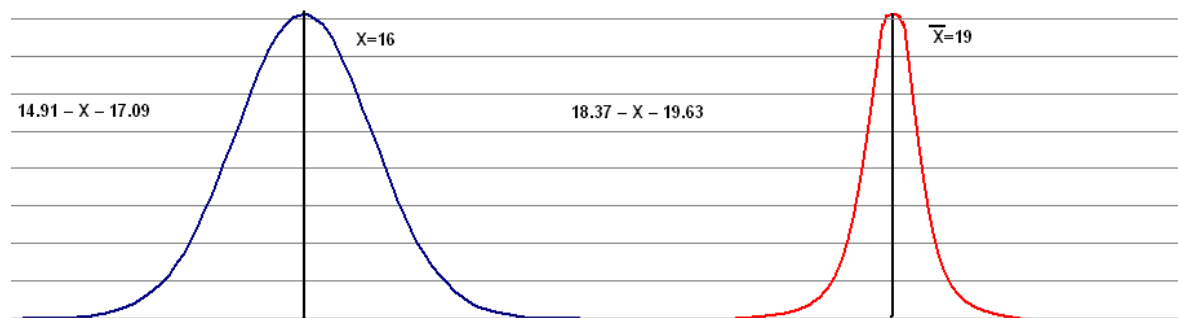
Los intervalos para la media en parte práctica son:

Media de grupo experimental  $19 \pm 0.63$

Como intervalo  $18.37 - X - 19.63$

Media de Grupo control  $16 \pm 1.09$

Como intervalo  $14.91 - X - 17.09$



**Figura 4.5:** Intervalo de medias

**Fuente:** Autores

Los intervalos muestran claramente que el grupo experimental tiene un rango de aciertos superior al grupo control.

#### 4.3.3.6 Análisis de red ETHERNET práctica

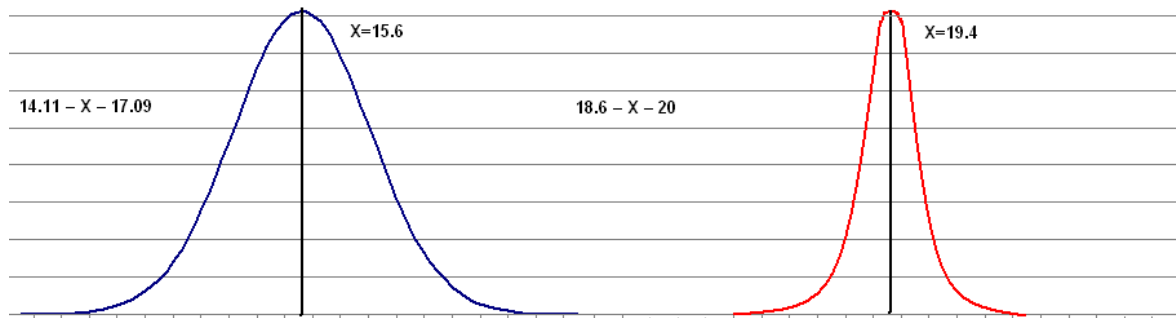
Los intervalos para la media en parte práctica son:

Media de grupo experimental  $19.4 \pm 0.8$

Como intervalo  $18.6 - X - 20$

Media de Grupo control  $15.6 \pm 1.49$

Como intervalo  $14.11 - X - 17.09$



**Figura 4.6:** Intervalo de medias

**Fuente:** Autores

Los intervalos muestran claramente que el grupo experimental tiene un rango de aciertos superior al grupo control.

#### 4.3.3.7 Análisis de red PROFIBUS práctica

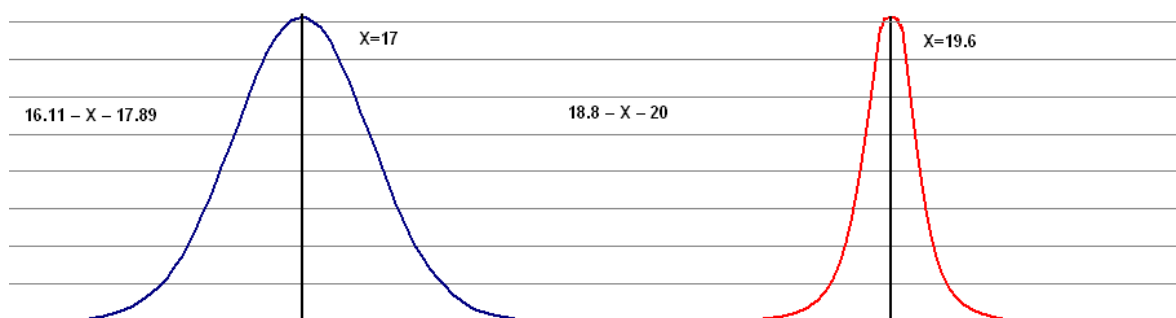
Los intervalos para la media en parte práctica son:

Media de grupo experimental  $19.6 \pm 0.8$

Como intervalo  $18.8 - X - 20$

Media de Grupo control  $17 \pm 0.89$

Como intervalo  $16.11 - X - 17.89$



**Figura 4.7:** Intervalo de medias

**Fuente:** Autores

Los intervalos muestran claramente que el grupo experimental tiene un rango de aciertos superior al grupo control.

#### 4.3.3.8 Análisis de red MPI práctica

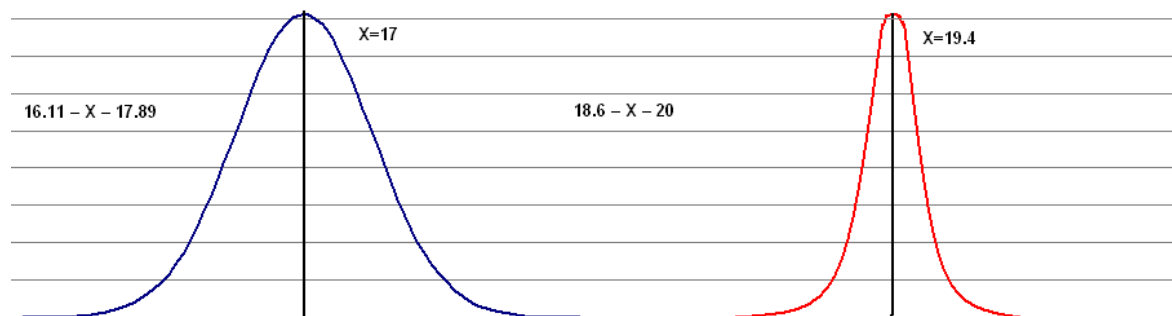
Los intervalos para la media en parte práctica son:

Media de grupo experimental  $19.4 \pm 0.8$

Como intervalo  $18.6 - X - 20$

Media de Grupo control  $17 \pm 0.89$

Como intervalo  $16.11 - X - 17.89$



**Figura 4.8:** Intervalo de medias  
**Fuente:** Autores

Los intervalos muestran claramente que el grupo experimental tiene un rango de aciertos superior al grupo control.

#### 4.3.4 MÉTODO T-STUDENT

Este método sirve para notar una gran diferencia entre 2 grupos como es nuestro caso analizaremos cada una de las notas del grupo de control en cada tema con el grupo experimental en cada tema, si el valor de salida de t-student es mayor a



0.05 se puede decir que no existe mayor diferencia entre el uso de guías o la forma normal de enseñanza, caso contrario se dice que el uso de guías si cambia el aprovechamiento y el conocimiento en cada estudiante.

Se utiliza observaciones de dos muestras con varianzas iguales para el cálculo haciendo uso de la herramienta Excel.

En la parte teórica el t-student tiene los siguientes valores para cada tema:

<b>T-STUDENT ASI</b>	0,003949773
<b>T-STUDENT</b>	
<b>ETHERNET</b>	7,03816E-05
<b>T-STUDENT</b>	
<b>PROFIBUS</b>	6,36754E-05
<b>T-STUDENT MPI</b>	0,000930977

**Tabla 4.16:** Resultados de aplicar t-student parte teórica  
**Fuente:** Autores

En la parte práctica el t-student tiene los siguientes valores para cada tema:

<b>T-STUDENT ASI</b>	0,00145754
<b>T-STUDENT</b>	
<b>ETHERNET</b>	0,00206031
<b>T-STUDENT</b>	0,00250073

## PROFIBUS

T-STUDENT MPI 0,00394977

**Tabla 4.17:** Resultados de aplicar t-student parte práctica  
**Fuente:** Autores

Como se puede observar el valor en todos baja del 0.05 con lo cual determinamos que el uso de guías como complemento para los estudiantes en la parte práctica si hacen diferencia y mejora su desarrollo.

En los cuestionarios se colocó una pregunta en la cual se puede poner un comentario sobre las guías para el grupo experimental y se les pidió valorar a la guía en un intervalo de 1 al 5 con los siguientes datos:

1 = Malo

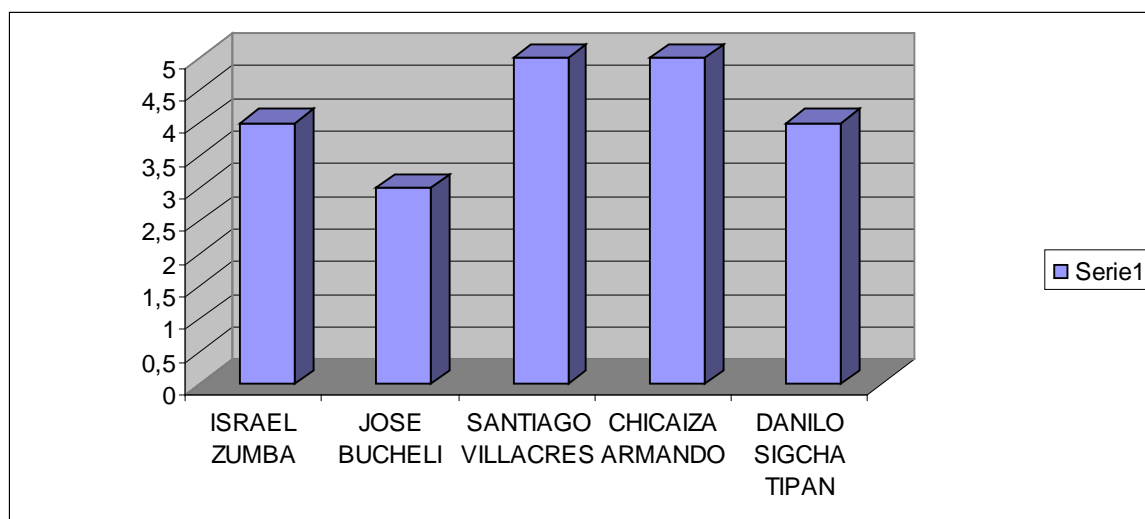
2 = Regular

3 = Bueno

4= Muy Bueno

5= Excelente

De estos datos del grupo experimental se tiene el siguiente cuadro.



**Figura 4.9:** Opinión sobre guías

**Fuente:** Autores

Con esto se puede decir que las pruebas de las guías fueron un éxito y que estas sirven para dar un conocimiento más amplio en la parte práctica a cada alumno que trabaje con el FMS de FESTO.

## CONCLUSIONES

- Para determinar la validez de las guías se dictó un curso con una duración de 20 horas, por 5 días, 4 horas diarias, en el cual se dividió en dos grupos a las personas que asistieron voluntariamente, un grupo trabajó con las guías y el otro grupo con el método de enseñanza regular, para la calificación se escogieron pruebas que se incluyen en las guías, a estas se realizó un test para determinar la confiabilidad, y luego con las calificaciones se obtuvo el promedio para ver si los alumnos que utilizaron las guías aumentaron su aprovechamiento con respecto a los estudiantes que no usaron las guías, se observó que los estudiantes que utilizaban las guías presentaron un desempeño más amplio que los estudiantes que no la usaron. También se pudo ver que los estudiantes con guías presentaron más confianza e interés en el momento de la realización de las prácticas.
- En cada una de las pruebas se envió comandos de activación de las salidas que posee el PLC en el rango de A124 a A125 a cada actuador y se visualizó su funcionamiento para luego ser caracterizado, para los sensores se los activó manualmente con el objetivo de visualizar la entrada a la cual se conectan, la cual se puede encontrar en el rango de E124 a E125.
- Con la caracterización realizada se identificó que pin de un sensor o actuador se encuentra conectado a uno de los pines de entrada o salida del PLC, para luego proceder a realizar los ejercicios resueltos y propuestos para las guías.

- Para el manejo del Robot RV-2AJ de Mitsubishi, se utilizó como software los programas dejados por FESTO como son el CIROS Robotics y el CIROS studio, con el primero se realizaron pruebas en ambiente demo, eligiendo diferentes áreas de trabajo y realizando diferentes acciones para el robot, todo esto realizado con el lenguaje MELFA Basic, el cual sirvió para dar las posiciones, velocidad y tiempos entre cada movimiento del Robot.
- Se logró comunicar los sensores de entrada del módulo con el programa CIROS Studio, con esto se obtuvo ejercicios que vinculaban al módulo con el Robot, de tal manera el Robot sabía cuando un objeto se encontraba en diferentes ubicaciones de la estación y con esto puede realizar diferentes acciones.
- Con el Robot RV-2AJ de Mitsubishi se realizaron pruebas con la consola de mano para poder determinar los puntos exactos donde se encontraba el Robot, ya que al programar los puntos sin verificar si el robot se colocaba o no en el punto indicado, podría causar daños, con estos pasos se logró completar la guía para el manejo del Robot RV-2AJ de Mitsubishi.
- Para la realización de las guías referente a las redes industriales se investigó sobre el tema de comunicaciones, desde transmisiones paralelo y serie hasta llegar a las normas mencionadas en las guías, luego se realizaron prácticas de comunicación dependiendo las características que poseían los PLC's (Controladores Lógicos Programables) encontrados en el FMS-516.

- La transmisión de datos que se realizó para cada tipo de red fueron tramas distintas como pueden ser en unas tipo Word en otras tipo Bytes. En cada transmisión se verificaba la recepción de datos usando los actuadores encontrados en los distintos módulos, y cuando se usaban PLC's (Controladores Lógicos Programables) externos se utilizó módulos de entrenamiento.
- Para la realización de un sistema de adquisición de datos (SCADA) se instaló en un computador el software WINCC Flexible de Siemens el cual permitió realizar prácticas con envío de datos desde el software al PLC (Controladores Lógicos Programables) y viceversa.
- Se explica en las guías como relacionar imágenes, cuadros de texto del programa en WINCC con el PLC (Controladores Lógicos Programables), para diseñar una interfaz más amigable para el usuario. Para realización de una red de PLC's (Controladores Lógicos Programables), se utilizó como medio de transmisión una red Ethernet.
- Con el objetivo de verificar los sensores participantes en una red AS-I, se realizó una guía que explica como verificar los esclavos asignados a la red, la configuración de direcciones, la transmisión de datos entre el PLC (Controladores Lógicos Programables) y el maestro AS-I.
- En el curso impartido a los estudiantes se visualizó que cada guía contiene información teórica necesaria para que cada estudiante comprenda los principios de todo tema práctico y de esa manera resulta sumamente fácil

la programación de todos los controladores lógicos programables conectados en el MPS-516.

- Se pudo realizar pruebas de los actuadores eléctricos y neumáticos haciendo uso de los manuales dejados por FESTO, en el caso de los eléctricos con activaciones directas desde los PLC's (Controladores Lógicos Programables) y en el caso de los neumáticos con activaciones manuales.
- Se encontraron sensores inductivos de campo que sirvieron para determinar el material de una pieza, al igual que se encontraron emisores de luz y sensores receptores de luz para determinar un tono de una pieza haciendo uso de la reflexión de la luz.

## RECOMENDACIONES

- Para poder determinar el funcionamiento adecuado de las estaciones de Verificación, Proceso, Distribución y Manipulación se debe realizar la caracterización de los sensores y actuadores que posee cada una de las estaciones, con pruebas individuales de cada uno de ellos haciendo uso de los manuales de conexión eléctrica y electrónica de FESTO.
- Para tener el mayor aprovechamiento de las guías se recomienda leerlas en orden de dificultad ya que las guías comienzan con la explicación desde como programar un controlador lógico programable como también la forma de instalar el software necesario, y van subiendo la dificultad hasta terminar haciendo un sistema HMI.
- Cuando se vaya a poner en funcionamiento el MPS-516 hay que tener en cuenta encender todos los switches que alimentan a cada uno de los controladores lógicos programables y también conectar y encender el compresor de aire para la parte de los actuadores neumáticos.
- Tomar en cuenta el estado del controlador lógico programable el momento de cargar el programa, ya que tiene este que ser colocado en inicio, cuando el controlador se encuentra en inicio o ejecutándose se puede cargar el programa, el STEP7 mostrará una pantalla que preguntará si desea ponerlo en RUN o no aquí se coloca si, pero si se encuentra en modo STOP al cargar el programa desde el STEP7 no se puede mandar a arrancar el controlador lógico programable.



- Verificar que la presión de aire para cada módulo se encuentre en unos 5 PSI.
- El programa para le HMI Wincc flexible puede escoger entre diferentes tipos de paneles para la parte práctica se utiliza como panel el computador.
- Es recomendable siempre que se vaya a trabajar con automatismos previamente programados sacar un respaldo del programa que contenga.
- En el momento de poner en marcha el software ya cargado verificar que no haya nada que interfiera con el libre funcionamiento del sistema y estar atentos a cualquier anomalía en su funcionamiento.
- Es recomendable que el programa empiece por ubicar todos los actuadores en posición inicial para no ocasionar daños en caso de algún error de programación.
- Para una detección más eficaz y rápida de errores es recomendable que la programación se realice por partes y así se podrá ir corrigiendo el programa conforme se avance.
- Antes de poner a funcionar el sistema verificar que se encuentre encendido el sistema de alimentación neumática, y que las llaves de los filtros estén abiertos y regulados a la presión adecuada.
- Se debería por precaución tener en stop en el momento de grabar un programa en el PLC.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUTOMATIZACIÓN, A. P. (2009). *ENRIQUE MANDADO, JORGE MARCOS, CEISO FERNÁNDEZ, JOSÉ ARMESTO*. ESPAÑA: MARCOMBO.
- ENRIQUE MANDADO, J. M. (2009). *AUTÓMATAS PROGRAMABLES Y SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN*. ESPAÑA: MARCOMBO.
- GARCÍA, J. L. (2009). *GUÍAS DE APRENDIZAJE COMO METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA EN LABORATORIOS TÉCNICOS DEL TEC LANDÍVAR*. GUATEMALA.
- Helmich, S. /. (2006). Robot Assembly MPS 500 with Mitsubishi RV – 2AJ programmed with COSIMIR Industrial Description of the cell.
- JOAN DOMINGO PEÑA, J. G. (2003). *INTRODUCCIÓN A LOS AUTÓMATAS PROGRAMABLES*. ARAGON: UOC.
- MORA, M. E. (2002). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN*. MÉXICO: ECAFSA.
- SALVADOR, A. G. (1993). *INTRODUCCIÓN A LA NEUMÁTICA*. ESPAÑA: MARCOMBO.
- VICENTE GUERRERO, R. Y. *COMUNICACIONES INDUSTRIALES*. MARCOMBO.
- VICENTE GUERRERO, R. Y. (2006). *COMUNICACIONES INDUSTRIALES*. MARCOMBO.

- Wolfgang Eckart, A. A. (2002). Handling Station MPS 2000 Instructors Edition.
- Wolfgang Eckart, A. A. (2002). Processing Station MPS 2000 Instructors Edition.
- Wolfgang Eckart, A. A. (2002). Testing Station MPS 2000 Trainee Edition.
- Wolfgang Eckart, A. A. (2002). Shorting Station MPS 2000 Trainee Edition.

## **PÁGINAS WEB**

### [SOPORTE PRODUCTOS SIEMENS] SOPORTE PRODUCTOS SIEMENS

Página sobre comentarios de personas de SIEMENS acerca de errores y preguntas sobre controladores Siemens.

<http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll?func=cslib.csinfo&aktprim=0&siteid=cseus&lang=es&siteid=cseus&load=treecontent&groupid=4000003&groupid=4000003&nodeid0=10805384&viewreg=WW&extranet=standard&nodeid4=20208582> Ultima fecha de consulta [ 24/07/2012]

### [INTERFAZ MPI] INTERFAZ MPI

Página que habla acerca de la red MPI.

<http://homepage.cem.itesm.mx/vlopez/mpi.htm>

Ultima fecha de consulta [ 24/07/2012]

### [MUESTREO] MUESTREO

Página que habla a cerca del muestreo, como son aleatorios no aleatorios y el tamaño de la muestra.

<http://www2.uiah.fi/projekti/metodi/252.htm>

Ultima fecha de consulta [ 24/07/2012]

[LA VARIANZA] LA VARIANZA

Página con ejemplos sobre el cálculo de la varianza.

<http://www.eumed.net/libros/2007a/239/5b.htm>

Ultima fecha de consulta [ 24/07/2012]

[INFERENCIA ESTADÍSTICA] INFERENCIA ESTADÍSTICA

<http://platea.pntic.mec.es/jcarias/ccss2/02excel/12estimediaexcel.htm>

Ultima fecha de consulta [ 24/07/2012]

[ANÁLISIS DATOS CON EXCEL] ANÁLISIS DE DATOS CON EXCEL

<http://excelforo.blogspot.com/2009/10/analisis-de-datos-en-excel.html>

Ultima fecha de consulta [ 24/07/2012]

[CONFIABILIDAD] CONFIABILIDAD

<http://www.tecnicas-de-estudio.org/investigacion/investigacion46.htm>

Ultima fecha de consulta [ 24/07/2012]

## **ARCHIVOS DE ADOBE READER (.PDF)**

[PROFINET IO] MANUAL DE PROGRAMACIÓN, DOCUMENTACIÓN 6ES7398-8FA10-8DA0.

[COMUNICACIÓN PROFINET] TECNOLOGÍAS DE CONTROL

[AS-I INTERFACE] INTRODUCCIÓN Y FUNDAMENTOS, DOCUMENTACIÓN C79000-G8978-C089, EDICION 3

[ANTONIO RODRIGUEZ] PRÁCTICAS DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL, VERSIÓN 1.0.

[S7-CPs for Industrial Ethernet] SIEMENS

[Manual MPS500] Schober / Helmich June 2003

[MPS500\_Manual\_Vision.doc] Schober June 2003

[MPS500\_Manual\_Level2\_A001] Schober / Helmich June 2003

[MPS500\_Manual\_Level2\_EthernetA001] Schober / Helmich June 2003

[Industrial Ethernet] Michael Dziallas June 2003

[WinCC Application Startup for FMS 50] Wolfgang Eckart, Michael Dziallas, June 2003